

ラマン 5 ピーク分離解析による DLC 膜の構造記述子の抽出と最適化

—臨界剥離荷重を例に—

理工学研究科システム科学専攻 ○小佐野芳寿

三菱鉛筆株式会社 梅原啓吾

研究・社会連携機構フロンティア理工学研究所 中谷達行

概要：ラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析で得られる Diamond-like Carbon (DLC) 膜の炭素構造記述子を用いたデータ駆動型最適化アプローチを、DLC 膜の臨界剥離荷重の評価に適用し、その有効性と運用方法を示すことができた。

1. 研究目的

Diamond-like Carbon (DLC) 膜の研究領域において、データ駆動で効率的に材料設計やプロセス最適化を行うアプローチの重要性が高まっている。本研究では、ラマン 5 ピーク分離解析技術により抽出した炭素構造記述子を用いたデータ駆動型最適化アプローチを検討した。DLC 膜の臨界剥離荷重を例に成果を報告する。

2. ラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析による DLC 膜の炭素構造記述子の抽出と最適化

本研究では、RF-CVD (Radio Frequency Chemical Vapor Deposition) 法により試料を作製した。DLC 膜は CH_4 を原料として、RF 出力を 30–110 W、圧力を 0.5–5.0 Pa の範囲で変化させて成膜し、計 26 個の試料を得た。次に、顕微ラマン分光装置を用いて励起波長 532 nm でラマンスペクトルを取得し、独自の 5 ピーク分離解析プログラムで N , D , G^- , G^+ , D' バンドのピーク位置、強度、半値全幅、面積比などの炭素構造記述子を自動抽出した。続いて、マイクロスクラッチ試験機 (CSR5100, Rhesca) を用いて触針先端半径 $r = 5, 10, 15 \mu\text{m}$ での臨界剥離荷重を測定し、炭素構造記述子との相関を考察した。

Table 1 に、DLC 膜の炭素構造記述子であるラマン解析パラメータと臨界剥離荷重との相関係数を示す。 G^+ および D バンド強度は、いずれの触針先端半径においても臨界剥離荷重と正の相関を示した。一方、 G^-/G^+ バンド面積比は臨界剥離荷重と負の相関を示した。これらの結果から、本研究の DLC 膜では、炭素構造の違いが臨界剥離荷重に関与することが示唆された。

以上のように、ラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析で抽出した炭素構造記述子は、臨界剥離荷重と DLC 膜の炭素構造との関係の評価する上で有効であることが示された。また、本手法は成膜条件最適化に向けた知見を得るための有効な手段となる可能性が示された。ポスター発表では、さらに臨界剥離荷重の予測モデル構築への応用および予測モデルの適用範囲の明確化について報告する。

Table 1. 臨界剥離荷重と炭素構造記述子との相関係数

	Indenter tip radius		
	5 μm	10 μm	15 μm
G^+ band intensity	0.68	0.77	0.77
D band intensity	0.53	0.60	0.54
G^-/G^+ band area ratio	-0.63	-0.72	-0.77

3. 応用の可能性

本研究で用いたラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析技術は、客観的な炭素構造記述子を効率的に取得することができる。抽出した炭素構造記述子は、膜物性の傾向理解や機械学習による物性予測などのデータ駆動型最適化プロセスに活用できる。したがって、本手法は DLC 膜の研究開発および産業応用への展開が期待される。

酸化ストレスに着目した高血圧の分子治療標的の探索

獣医学研究科獣医学専攻 ○田嶋弘貴

獣医学部獣医学科 向田昌司, 兒玉朋子, 水野理介

概要：ミトコンドリアは、活性酸素種(ROS)の主要な産生源で、血管細胞の恒常性維持に重要な役割を果たしている。一方で、過剰な ROS 産生は、高血圧症をはじめとする循環器疾患の発症・進展に関与するが、これまで ROS を標的とした有効な治療戦略は確立されていない。本研究は、高血圧病態におけるミトコンドリア由来 ROS の蓄積の分子機構を明らかにすることを目的とする。

1. 研究目的

ミトコンドリアは、活性酸素種(ROS)の主要な産生源で、血管内皮細胞の恒常性維持に重要な役割を果たしている。一方で、過剰なROS産生は、高血圧症をはじめとする循環器疾患の発症・進展に関与することが報告されている。しかしながら、これまでROSを標的とした有効な抗酸化療法は確立されていない。本研究は、高血圧病態におけるミトコンドリアROS(mtROS)蓄積と血管内皮機能障害との関連を明らかにすることを目的とした。

2. 研究結果

ヒト大動脈内皮細胞(HAEC)において、アンジオテンシン(Ang) II 処置によるミトコンドリア ROS 産生に及ぼす影響を検討した。Ang II 短時間(30 min)、長時間(72 h)処置によりミトコンドリア ROS 産生を濃度依存的に増加した。次に、マグヌス法を用いてラット前腸間膜動脈における Ang II 処置による弛緩反応に及ぼす影響を検討した。Ang II 短時間処置はアセチルコリン(ACh)およびニトロプルシド(SNP)による弛緩反応に影響しなかった。一方、器官培養を用いて Ang II 長時間処置したところ、ACh による血管弛緩反応を濃度依存的に障害した。この障害は、mtROS 除去剤 MitoTempol の短時間処置では改善がみられなかった一方で、共処置(72 h)により改善した。さらにこの障害は、転写阻害薬 Cycloheximide および NF- κ B 阻害薬 SC75741 により消失した。さらに、マグヌス法を用いてラット前腸間膜動脈における ミトコンドリア複合体I阻害剤である Rotenone 処置による弛緩反応に及ぼす影響を検討した。Rotenone 長時間処置は ACh および SNP による弛緩反応に影響しなかった。次に、Ang II による遺伝子調節はプロテインキナーゼ C (PKC) β によって制御されることから、Ang II 誘導性 mtROS に対する PKC β の影響を検討した。HAEC において PKC β 選択的阻害薬 LY333531 は Ang II 長時間処置誘導性 mtROS 産生を抑制する傾向を示した。PKC β 欠損ラット前腸間膜動脈において Ang II 長時間処置による ACh 弛緩障害は認められなかった。

3. 応用の可能性

mtROS単独では、血管弛緩障害は誘発されないが、Ang II由来のmtROS産生は、血管内皮障害による血管弛緩障害を誘発することから、PKC β の阻害により、組織および細胞レベルで血管の活性酸素を減らすことが明らかに出来れば、PKC β が高血圧の新たな治療標的になりえると考えている。

建築指標値が空間体験を介して感覚判断に接続される条件と乖離要因の解明

工学部建築学科 馬淵大宇

理工学研究科システム科学専攻 ○増田悠一郎

概要：本研究では、空間知覚に関する建築指標を対象に、VR を用いた空間体験実験により、指標値と感覚判断との関係およびその影響要因を分析する。得られた知見を基に、建築指標を空間体験との関係から理解・活用するための理論的基盤の構築を目指す。

1. 研究目的

建築計画学では、人間の身体感覚や心理的特性を建築指標として体系化してきた。しかし、指標値として示された知識が、実際の空間体験の中でどのように感覚判断へ結び付くのかは十分に解明されていない。本研究は、空間知覚に関する建築指標を対象として、指標値と感覚判断の対応・乖離を生じさせる条件および要因を明らかにすることを目的とする。さらに、異なる空間知覚指標を横断的に比較することで、建築指標が感覚判断へ接続される過程の条件依存性を整理し、建築指標を固定的な数値基準としてではなく、空間体験との関係の中で理解・活用するための理論的枠組みを提示する。

2. 研究方法とこれまでの成果

本研究では、建築計画学で提案されてきた空間知覚に関する建築指標を対象に、指標値と実際の空間体験との関係を明らかにするため、VR を用いた空間体験実験を行った。まず、既往研究から各指標の理論的背景や成立条件を整理する。次に、整理した成立条件を基に、指標を VR 上で体験可能な空間に再構築する。そして、被験者実験を実施する。被験者実験では、VR 空間の体験より、被験者が空間の大きさ等をどのように感覚したかを記録する。最後に、得られた感覚判断と既往研究で示された指標値との関係を分析し、空間体験に影響を与える条件を整理する。

被験者実験は、これまでに「見かけの容積」と「メルテンスの理論 (D/H)」の 2 指標を対象に、実施した。「見かけの容積」に関する実験では、同じ指標値であっても、空間の天井高さによって空間の大きさの感じ方が変化する傾向が確認された。また、「メルテンスの理論 (D/H)」に関する実験では、対象建築物の高さと、その建築物からの距離によって、空間の開放感の感じ方が変化する可能性が示唆された。

これらの結果から、空間知覚に関する感覚判断は、指標が前提とする物理的条件だけでなく、体験者の視点や周囲の空間構成などの体験条件にも影響を受けることが示された。今後も複数の建築指標を対象に比較分析を行い、建築指標と空間体験との関係を体系的に整理する予定である。

3. 応用の可能性

本研究の成果は、建築指標を空間体験と結び付けて理解・活用するための基礎的知見となる。将来的には、本研究で明らかとなる建築指標と感覚判断との対応関係や、それらに影響を及ぼす条件を基盤として、利用者の空間体験を考慮した設計支援手法や空間評価手法への展開が期待される。例えば、VR を用いて建築指標と空間体験との対応を評価し、その結果を設計段階における空間の比較・検討や設計案の評価へ反映する仕組みの構築が考えられる。また、設計者だけでなく建築主や利用者が設計案を体験しながら評価を行う際にも、建築指標と感覚判断との関係を客観的に把握するための基礎資料として活用できる可能性がある。さらに、高齢者施設や医療施設、教育施設など、利用者の空間体験が重視される建築において、建築指標と利用者の感じ方との関係を設計段階で検討するための基盤技術としての発展も期待される。

動物バイタル計測に向けたミリ波レーダを用いた対象位置推定手法の検討

○藤井大智¹，荒井伸太郎²
¹理工学研究科システム科学専攻，²工学部電気電子システム学科
広島大学，エスタカヤ電子工業株式会社

概要：ミリ波レーダによる非接触型動物バイタルセンシングの高精度化を目的とし，複数距離ビン
を統合した空間チャンネル解析手法を提案する．位置推定では約 7 秒の計測で誤差約 18.5 cm
の安定した出性能を確認した．

1. 研究目的

本研究の目的は，ミリ波レーダを用いた非接触型動物バイタルセンシング技術を高度化し，動物特有の計測環境に適した安定的な信号抽出手法を確立することである．特に，空間チャンネルに着目し，複数の距離情報を活用した測定手法を構築することで，従来法の課題を克服することを目指す．

2. 提案手法

本研究の特色は，ミリ波レーダの空間チャンネル情報を積極的に活用し，複数の距離ビンを統合した解析手法を動物バイタルセンシングへ適用する点にある．従来の非接触バイタル計測では，対象物の位置に対応する単一の距離ビンを選択し，その信号を解析する手法が一般的である．しかし，動物を対象とした場合，体毛や体動の影響により反射信号が距離方向に広がり，単一ビンでは信号の変動に対して脆弱となる．本研究では，距離方向に分布する複数ビンの信号を空間的に統合し，動物特有の信号揺らぎを抑制する解析枠組みを構築する．これは，単なるノイズ低減ではなく，空間情報そのものを有効活用する点に新規性がある．

距離方向に分散する信号の位置を推定するために，本研究ではまず，生物由来の周期信号を基に位置推定を行う．そして，人を対象とし，本手法を用いた場合の位置の検出精度と検出に必要な計測時間を基に本手法の有効性を評価する．図 1 に提案手法の概要を示す．FMCW ミリ波レーダの位相信号をアンラッピング・平滑化した後，呼吸信号のピーク間隔から周期性と安定性を評価する．実験は 0.5m から 2.0m まで 0.5m 間隔で行い，評価値に基づき人の位置を推定した結果を図 2 に示す．本手法では，約 7 秒（呼吸 2 回分）の計測で実距離との誤差を約 18.5cm と安定した位置検出を実現した．

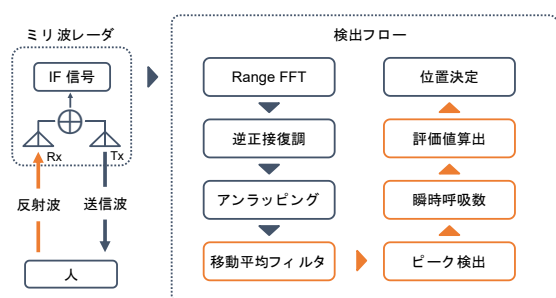


図 1. システムモデル

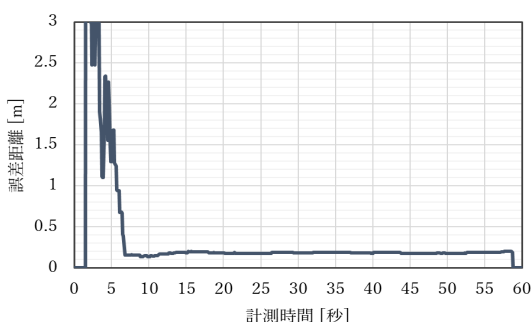


図 2. 推定距離と実距離の時間経過毎の誤差

3. 応用の可能性

本研究により，空間チャンネル情報を活用した複数距離ビン統合型ミリ波レーダによる非接触動物バイタルセンシング手法の有効性が実証されれば，体毛や体動の影響を受けにくい高信頼な計測基盤の確立につながる．これは動物を対象とした非接触バイタル計測技術の高度化において重要な技術的ブレークスルーとなる．