

令和 2年 2月 28日

豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学 専攻

学位審査委員会

委員長 櫻井 庸司



## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	森川 雄介		学籍番号	第133275号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻	
博士学位 論文名	Stretchable Kirigami devices for biological applications (生体応用に向けた伸縮性切り紙デバイス)			
論文審査の 期間	令和 2年 1月 16日 ~ 令和 2年 2月 28日			
公開審査会 の日	令和 2年 2月 14日	最終試験の 実施日	令和 2年 2月 14日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	澤田 和明			
委員	沼野 利佳		河野 剛士	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

脳や心臓、筋肉等の生体信号の計測を可能とするデバイスは、精神疾患や神経疾患の治療、また切断患者や麻痺患者の失われた機能を補うためのブレイン・マシン・インターフェースやヒューマン・マシン・インターフェースへの応用が期待される。しかし、ポリマー材等による既存の柔軟性デバイスはヤング率が大きく、生体に応用するには組織損傷等の課題があった。本論文は、高い伸縮性を実現するKirigami構造のデバイス技術による、既存の生体計測用デバイスでは実現できなかった各種生体組織への応用の実現性を示したものである。本論文は6章からなり、各章の構成は以下のとおりである。第1章では、序論として生体用のデバイス技術の背景を述べると共に本論文の構成を記している。第2章では、提案するKirigamiデバイスの応力変形モデルとシミュレーションが示されている。第3章ではデバイスの設計指針を示し、生体計測応用として電極を集積したKirigamiデバイスの製作並びに製作したデバイスの電気的特性及び機械的特性が評価されている。また、マウスを用いた脳波計測及び心電図計測においてデバイスの実用性を示している。第4章では、デバイスの位置ずれの課題を解決するドーナツ型Kirigamiデバイスの設計、製作、デバイスの特性評価を示し、マウスの後脚を用いた実験をとおしてデバイスの位置ずれの低減を示している。第5章では、マウスの心臓に対して光刺激を行うLED及び信号計測用の電極を配置したKirigamiデバイスを提案し、その製作及び評価によりデバイスの有用性を示している。最終章では、本研究で得られた知見及び本デバイスの今後の展望を示し、本研究を総括している。

## 審査結果の要旨

生体計測用のデバイスには、埋め込みによる生体への影響を抑えるため、材料の生体適合性に加えて、ヤング率などの機械的特性が生体組織に対して近いことが望まれる。しかし、ポリマー材等により製作された既存の柔軟性デバイスは、そのヤング率が生体組織に対して大きく、生体組織に応用するには組織損傷等の課題があった。この課題を解決するものとして、申請者は、生体への親和的な埋め込みを実現する、Kirigami構造を用いた高い伸縮性、柔軟性を示す各種デバイスを提案し、その設計、製作技術の確立、デバイスの特性評価及び動物実験による評価をとおして提案するデバイスの有用性を示した。本研究の顕著な成果として、申請者は、Kirigami構造を世界で初めて生体計測用のデバイスに応用し、その応力に対する変形モデルを導出すると共に、金属配線及び電極を集積化したデバイスの設計、半導体技術による製作プロセスを確立し、マウスを用いた脳波計測及び心電図計測においてデバイスの実用性を示した。また、既存の柔軟性デバイスを含む各種生体用のデバイスにおいて、変形する生体組織上におけるデバイスの位置ずれが課題であったが、申請者はこの問題を解決するため、新規にドーナツ型のKirigamiデバイスを提案し、実際にマウスの心臓及び後脚を用いた実験をとおして、変形する生体組織上のデバイスの位置ずれの低減及び生体信号の計測が可能であることを実証した。さらに、マウスの心臓に対して光刺激を行うLED及び心電図計測用の電極を集積化したKirigamiデバイスを提案し、その有用性を実証した。これらの研究成果は、学術的・工学的に評価できるだけでなく、既存の各種生体信号の計測技術の課題を解決する新規の手法として、脳神経科学、デバイス分野、材料分野からも高い評価を得ている。以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)