The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Skull-Hole Model を用いた経頭蓋電流刺激の設計に関する研究
Author(s)	原, 彰良
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/98625
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式3

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (原 彰良)	
論文題名	Skull-Hole Model を用いた経頭蓋電流刺激の設計に関する研究

論文内容の要旨

電気刺激は視覚や聴覚，味覚，大脳皮質など多岐な感覚や神経の賦活や抑制の干渉を引き起こす．これらの干渉対象となる感覚や神経の違いは，電流を印加する頭皮上の位置の違いによって説明される．感覚受容器や神経の活動への干渉には，干渉対象への電流集中が必要であると考えられる．このことから，電流による干渉を設計するには，電流を狙った対象に局在させることが重要である．安全に電流を狙った対象に局在させるには，危険性が高いとされる侵襲的な方法を安全な方法に改良することで対象の近くに電極を配置するか，比較的安全とされる非侵襲な方法で対象から離れた電極を用いて対象付近に電流を局在させる電気刺激を設計するか，のいずれかの方法が考えられる．本博士論文ではこのうち非侵襲な方法における電流の局在を設計可能な電気刺激法の実現を目指した．
非侵襲的な電気刺激では，電極と刺激対象組織との間に，表皮や脂肪などの他の生体組織が存在し，これらの電気的構造が重要となる．特に頭部における電流刺激では，干渉対象が電気的抵抗が大きい頭蓋骨内に存在することから，物理的距離の近さは，電気的な距離の近さを意味しない．
よって第2章では，本博士論文で対象とする頭部における生体組織を電気回路として再解釈し，構造から電流が局在する経路である電流経路について論じ，頭蓋骨孔に着目した電流経路モデルが電流刺激の設計において有望であることを示した．
第3章では，電流経路を電気回路としてモデル化したSkull-Hole Modelを提案し，その適用可能範囲について論じた．
インピーダンスの高い組織を低い組織が覆う頭部の構造から，電流の主経路が頭蓋骨孔から頭蓋骨直下に遷移する可能性を指摘し，周波数に対するインピーダンス変化としてこれを評価することで，頭部における電流経路を頭蓋骨孔にのみ着目して設計して良い範囲を示した．また，3次元立体経路モデルを3D-Skull-Hole Modelと名付けて提案した．モデルを用いた電流刺激の定量的な設計のために必要であるモデルパラメータの同定方法についても言及した．
第4章ではSkull-Hole Modelが電気回路として記述されるメリットを活かすため，電気回路の基本法則の導入した電流設計を論じた．
第5章ではSkull-Hole Modelを応用した電流刺激について，時分割刺激手法と磁気による電流への干渉の2つの手法を提案した．
第6章となる結論では，頭部における非侵襲電気刺激の設計において，Skull-Hole Modelは電流の主経路上での電流を設計し刺激に利用できると結論づけた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 （ 原 彰 良 ）		
最終試験担当者	（職）	氏名
	主査　教授	前田太郎
	副査　教授	松田秀雄
	副査　教授	小蔵正輝（広島大学）
	副査　准教授	古川正紘

論文審査の結果の要旨

電気刺激は視覚や聴覚，味覚，大脳皮質など多岐な感覚や神経の賦活や抑制の干渉を引き起こす．これらの干渉対象となる感覚や神経の違いは，電流を印加する頭皮上の位置の違いによって説明される．感覚受容器や神経の活動への干渉には，干渉対象への電流集中が必要であると考えられる．このことから，電流による干渉を設計するには，電流を狙った対象に局在させることが重要である．安全に電流を狙った対象に局在させるには，危険性が高いとされる侵襲的な方法を安全な方法に改良することで対象の近くに電極を配置するか，比較的安全とされる非侵襲な方法で対象から離れた電極を用いて対象付近に電流を局在させる電気刺激を設計するか，のいずれかの方法が考えられる．そこで本論文ではこのうち非侵襲な方法における電流の局在を設計可能な電気刺激法の実現を目指している．

第1章では，関連研究を整理し，本研究の目的を説明している．非侵襲的な電気刺激では，電極と刺激対象組織との間に，表皮や脂肪などの他の生体組織が存在し，これらの電気的構造が重要となる．特に頭部における電流刺激では，干渉対象が電気的抵抗が大きい頭蓋骨内に存在することから，物理的距離の近さは，電気的な距離の近さを意味しない．

このため第2章では，本博士論文で対象とする頭部における生体組織を電気回路として再解釈し，構造から電流が局在する経路である電流経路について論じ，頭蓋骨孔に着目した電流経路モデルが電流刺激の設計において有望であることを示している．

第3章では，電流経路を電気回路としてモデル化したSkull-Hole Modelを提案し，その適用可能範囲について論じた．インピーダンスの高い組織を低い組織が覆う頭部の構造から，電流の主経路が頭蓋骨孔から頭蓋骨直下に遷移する可能性を指摘し，周波数に対するインピーダンス変化としてこれを評価することで，頭部における電流経路を頭蓋骨孔にのみ着目して設計して良い範囲を示した．また，3次元立体経路モデルを3D-Skull-HoleModelと名付けて提案している．またこれに加えてモデルを用いた電流刺激の定量的な設計のために必要であるモデルパラメータの同定方法についても言及している．

第4章では同Skull-Hole Modelが電気回路として記述されるメリットを活かすため，電気回路の基本法則の導入した電流設計を論じている．

第5章ではSkull-Hole Modelを応用した電流刺激について，時分割刺激手法と磁気による電流への干渉の2つの手法を提案している．

以上のように，本論文は．頭部における非侵襲電気刺激の設計において，経皮電流経路の観点から電子回路学を基盤にしたSkull-Hole Modelを提案し，電流の主経路上での電流を設計することによって，既存研究に比して精密な再現性を持つ電気刺激の効果設計を可能にすることを検証実験と共に証明しており，経皮電流刺激の設計論に顕著な貢献を示したものである．よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．