OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Decoding arm speed during reaching
Author(s)	井上, 洋
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/72559
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文審査の結果の要旨及び担当者

（申請者氏名）　井上　洋

		（職）	氏　名
論文審査担当者	主　査	大阪大学教授	貴島晴彦
	副　査	大阪大学教授	不二門尚
	副　査	大阪大学教授	山下俊英

論文審査の結果の要旨

本研究は、大脳皮質運動野の神経の発火頻度から上肢の運動速度をより精密に推定するアルゴリズムを明らかにしたものである。

従来のアルゴリズムでも、サルや人の被験者の運動野の神経発火頻度から、運動方向を推定し、ロボットアームを制御できた。しかし、ロボットアームを目標地点に近接させても、運動速度が制御できないため静止が困難であり、被験者の順応を要した。

本研究では、まず精密に運動速度を推定可能なアルゴリズムの開発コンセプトを見出し、それをロボットアーム制御に実装した。さらに、神経発火頻度からの新しいアルゴリズムを用いることにより、リアルタイムに方向のみならず速度もより正確に推定できることを実証した。新しいアルゴリズムはその精密さから、被験者の順応を軽減しうると考えらえる。ロボットアーム制御のこの新しいアルゴリズムのコンセプトは、極めて革新的である。

以上より本成果は学位に値するものと認める。

論　文　内　容　の　要　旨
Synopsis of Thesis

氏　名 Name	井上　洋
論文題名 Title	Decoding arm speed during reaching （精密に速度推定可能な新しいデコーディングアルゴリズム）

論文内容の要旨

〔目　的(Purpose)〕

一次運動野には腕の動きの方向と速度の情報が内在している。BMI(Brain machine interface)技術により、人や猿の一次運動野に刺入電極を移植し、神経義手を動かすことが出来る。しかし、未だ義手制御は、実際の腕の動きに比べて劣っており、特に、速度制御は不十分で、義手を正確な方向に制御しても目標地で減速し停止させられない。我々は、既存のデコーダーの速度制御が劣る原因探索と、新しいデコーダーの開発を行った。

〔方法ならびに成績(Methods/Results)〕

マカクザル2頭に、96極刺入電極を一次運動野に移植し、手の動きをトラッキングし、モニター上のカーソルの動きと連動させ、Center Out Reaching Taskをさせた。同時に活動電位を計測し神経発火頻度を算出した。神経毎に、発火頻度と腕の方向と速度の関係性を下記2モデルで近似した。

既存デコーダーモデルは、Directional tuning modelで、発火頻度(Fr)と方向([Vx,Vy])とが関係しているモデル。

$$Fr(t) = bxVx(t) + byVy(t) + b0 \qquad \text{Eq. 1}$$

しかし、実際には、発火頻度と方向([Vx,Vy])と速度($\|V(t)\|$)とが関係しているDirection and speed tuning modelにより近似される。

$$Fr(t) = bxVx(t) + byVy(t) + bs\|V(t)\| + b0 \qquad \text{Eq. 2}$$

既存デコーダーの運動推定方法は、神経毎に発火頻度からベクトルを推定した後、計測された全神経で合計することで運動推定を行う。しかし、$bs\|V(t)\|$が既存デコーダーモデルには含まれない為、各神経レベルで誤差が生じ、速度推定が不正確になると分かった。そこで、新しいデコーダーでは、各神経発火頻度に係数をかけて合計することで、誤差の原因となる$bs\|V(t)\|$をゼロにするというコンセプトで開発をした。

上記Center out reaching taskですでに計測された神経発火頻度データから、オフラインで運動推定をすると、新しいデコーダーは、既存のデコーダーのよりも実運動により近い運動を推定することができた。

さらに、オンラインで、既存のデコーダーと新しいデコーダーの精度を比較した。モニター上で、始点と終点を猿に提示し、猿の神経発火頻度をデコーダーで解読し、カーソルを操作させ、Center out reaching taskをさせた。結果、既存のデコーダーでは、運動の始点と終点で、カーソルを静止させられなかったが、新しいデコーダーでは、静止させることができ、速度制御がより精密であった。

〔総　括(Conclusion)〕

我々は、刺入電極を用いた神経発火頻度を用いて、より精密に速度制御可能なデコーダーを開発した。オンラインでもその精度の高さが証明された。脊髄損傷や変性疾患患者に刺入電極を留置し、失われた運動機能を神経義手で補完する臨床応用が海外では進められているが、これら患者の神経義手コントロールのしやすさは、デコーダーの運動推定の精度に依存している。高精度に速度制御可能という観点から、新しいデコーダーは、従来のデコーダーよりも患者にやさしい技術と考えられ、臨床応用が期待される。