

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: ダイナミクス全構造計算法の発展による脳神経-身体リズム機構の解明と制御

2. 研究代表者: 國府 寛司(京都大学大学院理学研究科 教授)

3. 研究概要

本研究は、ヒトや動物が動的に変動する環境に適応して活動する基礎となる脳神経系と身体系のリズム制御機構を理解するために、ダイナミクス全構造計算法などの数理的方法を用いて神経系の数理モデルのアトラクタの多様性や引き込み領域を解析することで高度な機能発現のメカニズムを解明し、数理的解析と実機モデルでの実験を通して、リズム調整や歩容遷移などの歩行制御機構の研究から工学的な技術や応用につなげることを目指す。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

(1) 研究進捗状況

原理的に可能であるという枠組みと、それを実際に適用し、実用的時間内に結果が得られるかどうかの間には常にギャップがある。CM グラフの処理には一般的状況では膨大な計算資源と時間がかかり簡単ではない。國府チームは、その障壁を数理モデルの選択ではなく、時系列データから得られる相空間情報そのものが、むしろ有用であり、解析可能であることを示した。

いわゆる帰納的方法論から言えば、データに語らせるということは統計的手法として確立しているものである。しかしながら考えている力学系の大域的相空間構造を CM グラフという枠組みでデータから取り出すというのは、正に数学が深く関与することで得られた方向性であり、大きなインパクトがあり、他の類似研究の追従を許さないものである。

時系列データに着目することにより複数の数理モデルを貫く相空間構造の情報が得られるという手法は、当初計画に含まれていたわけではないが、見方を変えれば、本来の趣旨にのっとった新たな展開であり、チーム全体としては、順調に進捗していると言える。今後は、この方向をより組織的、普遍的なものにすることが求められるだろう。

(2) 研究体制

互いに関係する数学、物理、工学系の3グループとはいえ、学問文化の違いもあり、実際は大変である。脳神経・身体リズムの解明と制御に向けて、何をチーム全体として目指すのか、その方向付けをすることは一言では語り尽くせない難しさがあると思われる。そのような状況の中、3 グループの討論を通じて上述のような新たな方向を打ち出せたことは、代表者のリーダーシップが発揮され、チーム間の協力体制がうまく機能した一つの証拠だと考えられる。

4-2. 今後の研究に向けて

新たに見出された方向を肉付けし、より普遍的かつ適用範囲の広い方法論に整備されてゆくことが望まれる。結果として新たな数理モデル構築の指針の一助にもなり得ると期待される。長期的には小脳疾患に伴う歩行障害の克服など、社会的インパクトのある目標実現がある。

力学系的方法論が臨床医療にまで直結することが、強く望まれるが、そのためには CREST 間協働など数学領域全体での方策が必要になってくると思われる。そのための方向付けを今後研究代表者とも協議して行きたい。

4-3. 総合的評価

力学系理論と制御理論は近くて遠い。脳神経系と身体性はマイクロとマクロの階層性を内包し、さらに上述したように 3 グループの学問文化の微妙な違いもある。逆に言えば國府 CREST は協働を実現するには理想的チーム構成の下、その融合に日夜努力しているとも言える。結果として困難に当たったときに、どう解決していくかその方向性の模索において、このようなチーム構成の巧妙さが効果を発揮したように思われる。数学者が代表者として CREST を推進する際に遭遇した困難な課題をチーム一丸となって解決を試み、一定の展望を得たことは極めて高く評価できる。今後の期待感は大い。

一方で、神経回路理論を発展させつつ、歩容運動の遷移解明とその制御に向けて、どこまで残りの期間で問題をうまく絞り込み、成果を得ることができるか、やや不分明なところもある。これについてもこの 3 グループの視点の違いをうまく融合して、真の協働成果を見せて欲しい。