科目ナンバリング	G-LAS12 80011 LJ57						
授業科目名 <英訳>	非線形物理学特論 I Topics in Nonlinear Physics I			担当者所属 職名・氏名	非常勤講師 唐木田　亮		
群	大学院横断教育科目群	分野(分類)	統計・情報・データ科学系	使用言語	日本語		
旧群		単位数	1単位	時間数	15時間	授業形態	講義（対面授業科目）
開講年度・ 開講期	2026・ 通年集中	曜時限	集中 10月5日(月), 10月19日(月), 11月2日(月), 11月9日(月) 各3,4限	配当学年	修士課程	対象学生	理系向

（情報学研究科の学生は，全学共通科目として履修登録できません。所属部局で履修登録してください。）

[授業の概要・目的]

概要: 機械学習から神経科学まで幅広い広がりを見せているニューラルネットワークについて、おもに力学的/統計力学的視点から解説する。ランダム神経回路の解析を起点とし、特に深層学習における学習ダイナミクスの理解に向けて講義を進めていく。深層学習は様々な問題で目覚ましい成果を上げているが、開発は経験的/発見的に進んでいる側面が大きい。そのメカニズムや原理の数理的見通しを得ることを目指して講義を進める。具体的には、統計神経力学の枠組みを導入し、ランダム神経回路における発火状態の巨視的な伝播則から始める。続いて、機械学習で問題となるパラメータの学習ダイナミクスに話題を進め、モデルやアルゴリズムの望ましい設定を明らかにしていく。ダイナミクスは非線形かつ多様な振る舞いを見せるが、可解モデルの力学系解析を交えつつ、普遍的に成立すると考えられる現象や法則を探求する。

[到達目標]

目標: 本講義では基礎となる考え方や道具を入門的に習得することを目指す。ただし、 重要と思われる項目では具体的に計算を追う一方で、近年の動向や事例も紹介しながら全体像の俯瞰を得ることも目指す。履修者が今後、機械学習や神経科学など諸問題において新しい問題や現象に出くわしても、ある程度は自分で解析の道筋が立てられるような知識の取得を目指す。

[授業計画と内容]

開講日程：吉田キャンパス内にて、６ー７月あるい１０ー１１月に週１日講義を３～４回実施する予定である(具体的日時は４月までにアナウンスする)。集中講義として講義を行なうが、本科目は１単位科目であることから、７.５回以上の講義を行う。

具体的な講義内容：以下の通りである。なお、履修者の理解度や講義の進度を考慮して、一部の内容の変更・省略あるいは順序の変更を行うことがある。

(1) ニューラルネットワークの概要
- 歴史と背景
- 数理的研究の位置づけ

(2) 深層モデルの統計神経力学
- 大自由度とランダム性
- 勾配消失/発散問題と秩序-カオス相転移
- バックプロパゲーションの平均場理論
- カーネル法とのつながり

(3) 学習レジームと陰的バイアス
- Neural Tangent Kernel(NTK)レジーム

非線形物理学特論Ⅰ(2)へ続く↓↓↓

非線形物理学特論Ⅰ(2)

- 無限幅極限の特徴学習, muP導出
- 対角線形ネット模型における陰的正則化

(4) 過剰パラメータ系の典型評価
- 二重/多重降下現象
- カーネルリッジ回帰における汎化誤差のレプリカ解析
- ランダム行列理論

(5) 連想記憶モデルとその周辺
- 現代的ホップフィールドネットワーク, 注意機構型, 記憶容量
- エネルギーベースモデルの学習法 (CD法, スコアマッチング, 平衡伝播法)

(6) 深層線形ネットの学習力学
- 可解条件
- カタパルト現象
- 動的等長性

[履修要件]

特になし

[成績評価の方法・観点]

到達目標に対する達成度をレポートにより評価する。成績評価の詳細は授業時に説明する。

[教科書]

使用しない

[参考書等]

（参考書）
授業中に紹介する

[授業外学修（予習・復習）等]

予習・復習についての具体的な事項は授業時に指示する。

[その他（オフィスアワー等）]

※オフィスアワーの詳細については、KULASISで確認してください。

[主要授業科目（学部・学科名）]