

特集にあたって

豊泉 洋（早稲田大学）

AlphaGo がモンテカルロ木探索と深層学習を巧妙に組み合わせて、プロ棋士を倒したのは 2015 年のことだった。人工知能 AlphaGo が産み出した新しい囲碁の戦略は、その後の囲碁界に大きな衝撃を与えている。モンテカルロ木探索による戦略探索のキープポイントは、それまでの勝敗結果の学習により有効とされた手筋をより深く分析する活用 (exploitation) と今まで探索されていない手筋を広く調査する探索 (exploration) の絶妙なバランスである。

囲碁界と同じように、待ち行列の研究にも、多くの研究者が苦闘した長い歴史があり、さまざまな興味深い研究結果が得られているのは、オペレーションズ・リサーチ研究者であれば周知の事実であろう。

一方、待ち行列の研究は、数学的なテクニックが細かく、今までに得られた結果や今後どんな面白い問題が残されているのが専門でない研究者にはわかりづらく、勝敗で決着が着くプロ棋士の世界と比較しても、若手に厳しく手を出しづらい状況にある、というのも事実であろう。

現在の待ち行列研究は、待ち行列という対象とその学問分野を深く探求する研究者と、確率モデルをもっと広く捉え、待ち行列で得られた知見技術を違った学問分野へ広げたい研究者がせめぎ合っている。どの研究の世界でも、そんな研究者たちの活用と探索の絶妙なバランスが研究を進めているのであろう。

今回の特集は、そんなせめぎ合いの中で、待ち行列研究から色々な意味で飛躍している 5 組の研究者による記事とさらなる飛躍が望まれる 4 人の若手研究の解説で特集を組んだ。4 人の若手研究者は、2022 年度待ち行列研究部会の研究奨励賞受賞者で、それぞれ、AI/深層学習 (福西天翔氏)、確率的最適制御と粘性解 (渡辺樹氏)、マッチングサービス (阿部寛人氏)、ゲーム理論 (Nguyen Quoc Hung 氏) など従来の待ち行列の枠を超えた対象を研究している。若手の研究を豊泉の視点で解説はしているが、幸いなことに、AI/深層学習、マッチングサービス、ゲーム理論については、今回の特集で取り上げられているので、ぜひ合わせて読んでいただきたい。

「待ち行列理論における行列解析法の展開」の小沢利久氏は、NTT の研究所出身で通信トラヒックの研究を専門にしていた研究者だが、深く待ち行列理論を極め、数ある待ち行列の問題の中でも特に難関といわれる待ち行列ネットワークの問題に相型マルコフモデルを使って、鋭く深く切り込んでいる。待ち行列で使われる相型マルコフモデルの深い活用 (exploitation) が、さらに多次元空間上での粒子の運動という一般的な数学問題への飛躍につながる可能性を感じさせる。

「待ち行列と金融工学」の牧本直樹氏は、現在は金融工学分野で研究をしているが、元は待ち行列研究者であり、相型マルコフモデルについての素晴らしいテキスト (小沢氏の論文の参考文献に上がっている) も執筆している。同じ確率過程の解析を行うということで、待ち行列から金融工学へ飛躍した多数の探索型の実験者がいるが、牧本氏は、この二つの分野をつなげる三つのトピック (レジームシフトと相型マルコフモデルの関係、希少確率の解析手法、金融工学に現れる待ち行列である注文板) を解説している。

「両サイド型待ち行列における戦略的な挙動」では、若手の Nguyen Quoc Hung 氏が、マルコフモデルを駆使して、さまざまな待ち行列モデルの理論解析を行う気鋭の待ち行列研究者の Phung-Duc Tuan 氏と共に、一般的にマッチングモデルといわれる新しい待ち行列モデルを扱っている。マッチングモデルには、積形式解を含め、まだまだわからないことがたくさんあり、深く研究が望まれる分野である。

「待ち行列ゲームとエージェント・ベース・モデル」の佐久間大氏は、待ち行列の理論を丁寧に扱うことで知られる研究者だが、今回は、ゲーム理論的待ち行列モデルの中に、エージェントモデルという新しい視点を持ち込んでいる。通常のゲーム理論で得られる理論的な均衡状態が、多数の客のプライベートな待ちの経験により生じるのかという新しい問題を提起している。

「AI 推論処理サーバの待ち行列解析」の井上文彰氏は、待ち行列理論と情報技術の両分野に精通する待ち行列分野期待の若手のホープだが、今回は、人工知能の核ともいえる GPU をクラウド上で使う AI 推論処

理システムを集団到着待ち行列にモデル化し、新たな解析手法を提案している。これからの社会での AI の位置付けを考えると、待ち行列も真摯に AI と向き合う必要があるだろう。その基礎となるべき重要な結果であり、より深い研究が望まれる。

特集担当者として、待ち行列とその周辺領域で起きている活用 (exploitation) と探索 (exploration) のダイナミックな動きと研究者たちの飛躍が少しでも伝わり、またそれが新たな研究の飛躍を促すことを願う。