

数学の認知とその進化的基盤：最適採餌理論とコア知識から

Mathematical reasoning and its evolutionary basis

: viewed from optimal foraging theory and core knowledge

北海道大学・理学研究院, °松島俊也

Hokkaido University, Faculty of Science, °Toshiya Matsushima

E-mail: matusima@sci.hokudai.or.jp

従来、数の認知はヒトに特有の能力と考えられてきた。社会的にも文化的にも成熟した背景のもと、言語の十分な習得の上に成り立つ、高度な認知過程と考えられてきた。ところが最近、多くの動物がその行動の中に数の理解や演算の能力、特にその基盤をなす論理的思考の表象を備えていることを示す結果が示されてきた。その範囲はヒトに近縁な霊長類ほ乳類にとどまらず、認知能力に劣るとされてきた鳥類や魚類そして無脊椎動物にいたる。ミツバチの異同概念[1,2]、淡水魚による少数量の理解[3]、さらにふ化直後の雛が示す離散的少数とその加減算[4,5]など、近年、急展開をみる。これらの知見はいずれも、動物が本来の生態において発現する本能行動（ミツバチの採餌行動、魚類の集合行動、雛の刷り込み）を詳細に検討する中から明らかになった。この事は、数の認知が動物の生存に深くかかわって保存されたものであること、進化的な起源が古い「コアとなる知識」[6,7]に属するものであることを示唆する。しかしその基礎となる脳内の計算過程とアルゴリズム、実装する神経回路については未だに萌芽的な理解しか得られていない。

生存にとって必須な、骨格となる計算は何だろうか。われわれは、生態学の古典理論の1つ、最適採餌理論[8]に着目した。そして、孵化後間もない雛が経済的に厳格な行動規則を備えていること[9]、さらに餌資源をめぐる競合状態に応じて遅延報酬の時間割引率を柔軟に変更する力を備えていること[10]を見出した。雛の脳基底核と中脳被蓋の神経活動の解析[11]から、報酬予期と実報酬から予期誤差信号を生成する単純なルールを見出した。さらに初歩的な数値解析に基づいて、資源競合のもとで衝動性を高める必然性があることを示した[12]。

これら一連の研究は、雛が時間変化量、具体的には実報酬と予期報酬に関する微分と漏れ積分の結果を内包し、それらを行為の確率値として実行系に伝えていることを強く示唆する。この結果は採餌行動の理解としては妥当だが、離散的数とその加減算を説明できない。この講演では動物の数理解に関する研究を展望し、数の認知に関わる脳内モジュールの構造について考察する。

[1] Giurfa, M. Zhang, S., Jenett A., Menzel R., Srinivasan, M.V., *Nature* 410 (2001): 930-933; [2] Avarguès-Weber, A., Dyer A., Giurfa, M., *Proc. Roy. Soc. B* (2011) 278: 898-905; [3] Stancher, G., Sovrano V.A., Potrich D., Vallortigara, G., *Animal Cognition* (2013) 16: 307-312; [4] Rugani, R., Fontanari, L., Simoni, E., Regolin, L., Vallortigara, G., *Proc. Roy. Soc. B* (2009) 276: 2451-2460; [5] Rugani, R., Vallortigara, G., Priftis K., Regolin, L., *Science* (2015) 347: 534-536; [6] Spelke, E., Kinzler, K.D., *Developmental Science* (2007) 10: 89-96; [7] Vallortigara, G. et al., *Cognitive Neuropsychology* (2012) 29: 213-236; [8] Charnov, E.L., *Theoretical Population Biology* (1976) 9: 129-136; [9] Matsushima, T., Kawamori, A., Bem-Sojka T., *Brain Research Bulletin* (2008) 76: 275-281; [10] Amita, H., Kawamori, A., Matsushima, T., *Biology Letters* 6: 183-186; [11] Wen C., Ogura, Y. Matsushima, T., *Frontiers in Neuroscience* (2016) doi.org/10.3389/fnins.2016.00476; [12] Ogura, Y., Amita, H., Matsushima, T., *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics* (2018) doi.org/10.3389/fams.2018.00049