

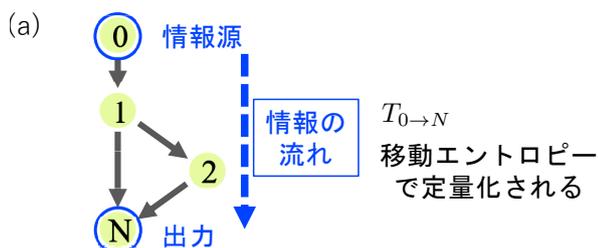
PRESS RELEASE (2020/02/09)

ネットワーク上の情報の流れをダイアグラムで表現する新理論を開発！

九州大学数理・データサイエンス教育研究センター/芸術工学研究院の森史助教と理化学研究所（理研）数理創造プログラムの岡田崇上級研究員の研究チームは、ブーリアンネットワーク上の情報の流れをダイアグラムに基づいて展開する新しい理論を開発しました。

神経回路などの生物系ネットワークやインターネットに代表される工学系ネットワークでは、一定の機能や目的を達成するために、ネットワーク上の様々な要素間で情報伝達が行われています。しかし、ネットワークのどのような特徴が情報伝達の性能（情報の流れの多さ）を決定しているのか、という基本的問題は未だに十分な理解がありません。このような背景で、私たちは、ブーリアンネットワークと呼ばれる抽象化された数理モデル上での情報の流れをダイアグラムに基づいて展開することに成功し、ネットワークの要素間の相互作用から情報の流れがどのように生成されるかを明らかにしました。これにより情報伝達の観点から最適なネットワーク設計についての条件が得られました。

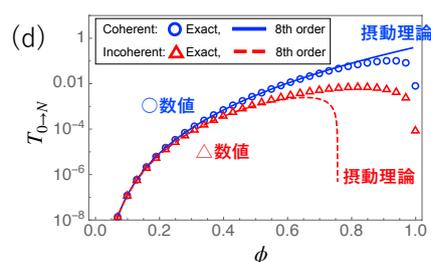
本研究成果は、2020年12月29日に、米国のオープンアクセス科学雑誌『Physical Review Research』に発表されました。(DOI: 10.1103/PhysRevResearch.2.043432) なお、本研究は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費補助金 基盤研究（C）「複雑ネットワーク上の情報の流れの理論構築と生物の環境適応機構の解明」の一環として行われました。



$$T_{0 \rightarrow N} = \sum_{k=2}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k(k-1)} \sum_{\alpha_1} \cdots \sum_{\alpha_k} P_{\alpha_1} P_{\alpha_2} \cdots P_{\alpha_k}$$

$$P_{\alpha} = \frac{1}{2^{M_{\alpha}}} \sum_{\mathbf{x}_{\alpha}} \prod_{\text{bond} \in \alpha} \phi_i^t \sigma(f_i(\mathbf{x}_{I_i^{t-1}})) \sigma(x_i^t)$$

$$(c) \quad T_{0 \rightarrow N} = \frac{1}{2} P_3^2 + \frac{1}{4 \cdot 3} \binom{4}{2} P_1^2 P_3^2 + \frac{1}{2} \binom{2}{1} P_3 P_4 + \mathcal{O}(\phi^{10})$$



**研究者からひとこと：**  
情報の流れが素子の性質と素子間のつながり方の両方から決定されているメカニズムが、理論によって明らかになりました。

(参考図) (a) ブーリアンネットワークの例。情報の流れは移動エントロピーで定量化される。(b) 導出した移動エントロピーの公式。P<sub>α</sub>は情報伝達経路に由来する。(c) (a)の例に公式を当てはめた場合のダイアグラム展開。各情報伝達経路 P<sub>α</sub>を概念的に描いた。(d) 展開のパラメータに対する移動エントロピーの振舞。数値的に得られたデータを摂動理論がよく再現している。

【お問い合わせ】

九州大学 芸術工学研究院  
助教 森 史  
TEL: 092-553-4535 Mail: mori@design.kyushu-u.ac.jp

理化学研究所 数理創造プログラム  
上級研究員 岡田 崇  
Mail: takashi.okada@riken.jp