

Weaver's Problem of Communication

佐藤 譲

Santa Fe Institute

“The Mathematical Theory of Communication” で W. Weaver は次の 3 つのレベルのコミュニケーションの問題を提示した [3] [2].

Level A: How accurately can the symbols of communication be transmitted? (The technical problem.)

Level B: How precisely do the transmitted symbols convey the desired meaning? (The semantic problem.)

Level C: How effectively does the received meaning affect conduct in the desired way? (The effectiveness problem.)

Shannon の情報理論はこの Level A の問題を単純なモデル (図 1) で分析した研究という位置付けになる.

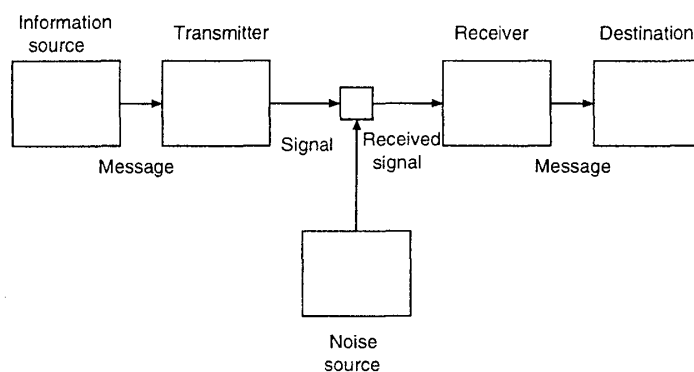


図 1: Shannon's model for communication systems

この Weaver の分類は生物や人間のコミュニケーションの問題についての本質的なカテゴライゼーションの一つであり, 議論の土台としてはわかりやすい. しかしこの分類自体, 言語研究における Syntax / Semantics / Pragmatics のカテゴリを安易にかりてきて据えているような感がある. 少

なくともこのカテゴライゼーションは具体的な研究を行うための問題設定にはなっていないし、このままではここから先に進むことができない。やはり通信工学の具体的な問題に焦点を絞って、Level A の問題に対する明確な概念化および定式化を行った Shannon の研究は意義深いものであった。

J. von Neumann は「エントロピー」という Boltzmann の造語を情報理論でも使うように Shannon に提言した。これによって情報理論は非常に興味深く、かつ、ある意味で建設的な「誤解」を多くの研究分野に誘発した。「エントロピー」、「情報」というキーワードが統計物理学者を含む多くの研究者の想像力をかきたて、生物や人間、社会の情報処理過程に関わる研究が活性化したのである¹。実際には情報理論自体は通信の信頼性と安定性に関する理論であり、ここでの「情報」は「生物の情報処理機能を考える」という場合の「情報処理」とは一般には無関係な概念である。いずれにしろ「情報」という難解なアイデアに科学概念としての明確さとリアリティを与えたのは Shannon の情報理論であったということはいえるであろう。

Shannon 情報量はコミュニケーション・エントロピーともよばれる概念であり、物理学における諸エントロピー概念とは異なることも注意されるべきである。例えば統計熱力学における Boltzmann エントロピーは measure of disorder であり、これは系の物理量である。一方情報理論の Shannon エントロピーは measure of surprise であり、これは系の観測者が測定結果に対してどれだけ驚くかという指標である。つまり Shannon エントロピーは「対象 + 観測者」の合成系についての概念である。物理学では基本的に観測者は理論から除去される傾向があるが、Shannon はコミュニケーションの理論から観測者を排除せず、“receiver” としてモデルに陽に含めた。情報源や通信路に記憶がないといった、ある特殊な状況下では両者が理念的にも区別できなくなる場合があるが、一般には異なる。

別の視点から情報理論の考え方を踏襲した研究としては、通信路モデルにおける情報源から“receiver”への空間的なメッセージ伝達を、決定論力学系における過去から未来への時間的なメッセージ伝達とみて、力学的因果性や予測可能性を議論した R. Shaw のカオス研究がある [5]。J. P. Crutchfield らは structural complexity という概念を導入してこの研究を発展させた [1]。

情報理論は工学的応用への含意が深く、その意味では信号処理、誤り訂正符号、暗号等に関わる現代的な情報理論の研究も重要だが、一方でコミュニケーションやシグナル伝達の問題について、もう一步踏み込んだ理論研究も必要であると思われる。

¹これに対する Shannon の批判については [4] を参照。

謝辞

本論に対する有益なコメントと文献[4]の指摘についてJ. P. Crutchfield氏 (Santa Fe Institute) に感謝します.

参考文献

- [1] J. P. Crutchfield and K. Young, “Inferring Statistical Complexity,” *Physical Review Letters*, **63**, p105-108, (1989).
- [2] J. R. Pierce, “The early days of information theory,” *IEEE Trans. Inform. Theory*, **IT-19:1**, p3-8, (1973).
- [3] C. E. Shannon and W. Weaver, “*The Mathematical Theory of Communication*” The University of Illinois Press, (1949).
- [4] C. E. Shannon, “The Bandwagon,” *IEEE Trans. Inform. Theory*, **IT-2**, (1956)
- [5] R. Shaw, “The Dripping Faucet as a Model Chaotic System,” Aerial Press, Santa Cruz, California, (1984).