

文記憶のネットワーク活性化モデルに関する コンピュータ・シミュレーションと実験的検討

都 築 誉 史

文記憶の研究領域では、保持された情報（記憶表象）の形式や保持特性が問題とされてきたが、従来の研究では記憶表象の構造や処理プロセスをとらえるための理論的枠組みが欠如していた。これに対して、文記憶のネットワーク活性化モデル（Anderson, 1976, 1983; Collins & Loftus, 1975; Miller, 1981）は、文の記憶表象が互いに連関したネットワーク構造を成していると仮定し、ネットワーク表象における情報の伝達と操作を活性化の拡大によってモデル化している。ネットワークを構成する基本単位は、個々の単語や概念などに対応するノードとそれらを連結するリンクである。また、活性化の拡大とは、ネットワーク表象内のあるノードを処理するとそこから固有の意味的関連度（リンク強度）をもつリンクに沿ったエネルギーの流れが引き起こされ、それが新しいノードに達するとそのノードもすぐに利用可能な状態に変換されるとする仮説をさす。

一方、ネットワーク活性化モデルは、コンピュータ・シミュレーション・モデルの構成とその実験的検討によって発展してきている。コンピュータ・シミュレーション・モデルは、記述の整合性、仮説演繹の客観性、内的処理プロセスのモデル化、人間の情報処理における一般的ルールの解明といった側面で、固有の意義をもつと考えられる。

本研究は、文記憶における記憶表象の構造と処理プロセスにアプローチするため、ネットワーク活性化モデルを扱う。具体的には、Miller (1981) の研究を参考にLISP言語を用いてコンピュータ・シミュレーション・モデルをプログラミングし、実験1のデータから推定したパラメータを用いた大規模シミュレーション結果によってモデルの妥当性を確認した上で、モデルが導出した予測を実験2で検証することを目的とする。

CPS9ERモデル

本研究における文記憶のコンピュータ・シミュレーション・モデルは、便宜上「CPS9ER (Constructive Processing of Sentences, No.9, a model of Encoding and Retrieval)」と名付ける。CPS9ERモデルは、符号化プロセスと検索プロセスの2段階から成るが、情報の伝達と操作はノード活性化量とリンク強度

から理論的な経過時間を算出することによって進行する、共通の活性化システムを介して実行される。まず符号化プロセスでは、文記憶における符号化を、既存の知識構造内のノードとその活性化状態である作業記憶とを相互に連結し、文自体に対応する符号化文脈ノードを中心に統合されたネットワーク構造（符号化文脈ネットワーク）を構成してゆく過程とみなす。さらに検索は、符号化プロセスで生成された符号化文脈ネットワークに沿った再認テスト文の各要素の走査とみなし、テスト文に対する正誤反応、反応時間、確信度を直接的に出力する。このモデルでは、活性化プロセスのリアルタイム的な進行に伴って刻々と変化する個々のリンク強度が重要であり、その時点のネットワーク表象の特性を要約する意味をもつ。また、CPS9ERモデルではパラメータを、①活性化ノードの最大数（総活性化量の減衰パラメータ）、②符号化処理時間の2つに限定した。

実験1とそのシミュレーション

実験1は単文記憶における逐語的情報と意味的情報の保持を比較することにより、記憶表象の形式や保持特性を検討する目的で行なった。被験者は大学生32名。実験に用いたSOV型の単文は、先行研究の連想価表から選び予備実験で吟味した3音節類義動詞対18と主語+目的語（「SがOを」）36とを組み合わせで作製した。実験手続きとして、まず学習文を1文ずつ3秒間提示し、イメージ価判定課題によって意味的な偶発学習を行なった。続いてクレペリンテストによる5分間の遅延の後、再認テストを実施した。再認テスト時には、学習文、類義・非類義ディストラクター文を1文ずつランダム提示し、正誤判断の反応時間（ms.単位）と確信度（0～10）を測定した。なお、実験の制御にはマイクロコンピュータを用いた。

ネットワーク活性化モデルによれば、被験者は自らの知識構造に従って類義文へと活性化を拡大させるが、学習文の方が符号化時に直接的な活性化を受けているので証拠となるリンク強度が類義文のそれよりも強い。従って、遅延再認であっても正再認の方が類義誤警報時より、①反応率が高く、②反応時間が速く、③確信度も高いと予測できる。

実験の結果、以上の仮説は全て支持された。ネットワーク活性化モデルの観点からすれば、文記憶において意味的情報が逐語的情報よりも優位であるという従来の知見は、意味的情報が長期記憶に転送されやすいことによるのではなく、逆に、単語を構成単位としたネットワーク表象が活性化され、意味的に関連した単語ノード間で活性化が拡大した結果であると解釈できる。

CPS 9 ER モデルによる実験 1 のシミュレーションを行なうため、正再認時の方が類義誤警報時よりも反応時間が速く、確信度も高くなるようにモデルの 2 つのパラメータを推定した。その際に、符号化処理時間の経過に伴う総括性化量の減衰の様相とリンク強度の変動とが細かく検討された。

こうして推定したパラメータを代入したモデルを用いて、実験 1 に対応した再認文の全順列 (24通り) についてシミュレーションを実行した。実験 1 のシミュレーションでは実験事態をふまえ、検索が毎回終るたびにリンク強度以外の活性化に関する属性値を全て消去した。この大規模シミュレーションの結果は、実験 1 における正再認・類義誤警報間の 3 測度の大小関係と一致しており、CPS 9 ER モデルの妥当性は確認できたと解釈した。

モデルによる予測と実験 2

活性化に関する実験的研究は、検索プロセスにおける前回の処理がそれと関連した後続の処理に影響を及ぼすことを示している。この種の研究は、①活性化の拡大によって意味的に関連した項目に対する反応が促進される効果 (priming 効果) を扱ったものと、②同一ノードから複数のリンクが発して活性化が散開することにより、そのうちの 1 つのリンクに対する反応が遅延する効果 (fan 効果) に関するものに大別できる。

実験 2 では、検索プロセスにおけるこうした干渉効果を扱うため、類義文条件と関連文条件という 2 つの実験群を設定し、前者では学習文の検索と類義文 (S + O は同じで V が類義動詞) の検索を、後者では学習文の検索と関連文 (S + O は同じで V が非類義動詞) の検索を対にした。さらに個体内条件として、(A) 類義 (関連) 文 → 学習文、(B) 学習文 → 類義 (関連) 文、(C) 非類義文 (S, O, V 全て異なる) → 学習文、(D) 学習文 → 非類義文、の 4 種類の再認条件を設定した。

実験 2 の結果を予測するため、実験 1 のデータから推定したパラメータを用いた CPS 9 ER モデルによって 8 種類 (2 条件群 × 4 再認条件) のシミュレーションを実行した。今回のシミュレーションでは、実験事態に対応して、先の検索が終了した時点で活性化に係わる属性値

を消去せず、ネットワーク構造内にそれらの値を保持したまま後続の検索を連続して行なった。その結果、類義文・A 条件の先の検索 (A₁) のみにおいて類義誤警報が出力された。類義文条件の反応時間に関しては、類義誤警報 (A₁) と A 条件の正再認 (A₂) の方が B ~ D 条件の正再認時より遅く、また、A₂ の方が A₁ よりも反応が遅いことが示された。次に、関連文条件では、A 条件の正再認反応が B ~ D 条件よりやや速い傾向にあることが示された。一方、確信度に関しては、両条件で A 条件の正再認時の方が B ~ D 条件よりも評定値が低いことが示された。

実験 2 では以上の予測を検証するため、2 つの条件群に 16 名ずつ大学生の被験者を配置し、再認テスト時における前述の変更以外は実験 1 に準じた手続きで実験を行なった。得られた結果からモデルの予測を検証するために、先回の反応と後続の反応が共にモデルの出力と同じデータについて、順序的に関連づけて再整理した。この 8 種類の反応の生起率をそれと対立する反応の生起率と比較した結果、これらの反応が対立する反応よりも生起率が高い (ないしは低くはない) ことが示され、モデルの予測と対応づけて整理した順序的データが全データを代表していることが確認された。これらの反応に対する反応時間については、対数変換値による 2 要因分散分析の結果、再認条件の主効果と交互作用 (群 × 再認条件) が有意であった。対比較の結果、モデルによる予測は両条件群において明確に支持された。一方、確信度に関しても 2 要因分散分析の結果、再認条件の主効果と交互作用が有意であったが、対比較の結果、類義文条件で、A 条件の正再認の方が B 条件よりも確信度が低いことだけが示された。この結果もモデルの予測を支持している。

以上の結果から、モデルによる予測は実験データによってほぼ検証されたと考えることができる。予測とデータの一致は反応時間において顕著であり、A 条件の正再認時に類義文条件では fan 効果が、関連文条件では priming 効果が見い出されたと解釈した。

結 論

実験 1、実験 2 のデータとの比較を通して、今回作製したコンピュータ・シミュレーション・モデル CPS 9 ER は、満足しうる程度の説明力と予測力をもつことが確認され、ネットワーク活性化モデルの有効性が示唆された。問題点として、CPS 9 ER モデルの活性化システムやネットワーク構造には多くの理論的自由度が残されており、さらに詳細な実験データによってモデルの細部を確定してゆくことの必要性が強調された。