If we are eventually to understand the capability of higher organisms for perceptual recognition, generalization, recall, and thinking, we must first have answers to three fundamental questions:

最終的に、知覚認識、一般化、想起、思考に関する高等生物の能力を理解するためには、まず3つの基本的な質問に対する答えが必要です。

1. How is information about the physical world sensed, or detected, by the biological system?

物理的な世界に関する情報は、生物系によってどのように感知または検出されますか？

2. In what form is information stored, or remembered?

情報はどのような形式で保存または記憶されますか？

3. How does information contained in storage, or in memory, influence recognition and behavior?

ストレージまたはメモリに含まれる情報は、認識と動作にどのように影響しますか？

The first of these questions is in the province of sensory physiology, and is the only one for which appreciable understanding has been achieved.

1番目の質問は、神経生理学の分野であり、かなりの理解が達成された唯一の質問です。

This article will be concerned primarily with the second and third questions, which are still subject to a vast amount of speculation, and where the few relevant facts currently supplied by neurophysiology have not yet been integrated into an acceptable theory.

この記事は主に2番目と3番目の質問に関係しますが、これらは依然として膨大な憶測にさらされており、神経生理学によって現在提供されているいくつかの関連する事実はまだ許容可能な理論に統合されていません。

With regard to the second question, two alternative positions have been maintained.

2番目の質問に関しては、2つの仮説が存在しています。

The first suggests that storage of sensory information is in the form of coded representations or images, with some sort of one-to-one mapping between the sensory stimulus.

1つ目は、感覚情報の保存はコード化された表現または画像の形式であり、感覚刺激間の1対1のマッピングの一種であることを示唆しています。

The development of this theory has been carried out at the Cornell Aeronautical Laboratory, Inc., under the sponsorship of the Office of Naval Research, Contract Nonr - 2381(00).

この理論の開発は、Cornell Aeronautical Laboratory、Inc.で、海軍研究室、Contract Nonr-2381（00）の後援の下で実施されました。

This article is primarily an adaptation of material reported in Ref. 15, which constitutes the first full report on the program.

この記事は、主に参考文献で報告されている資料を修正したものです。 15、プログラムに関する最初の完全なレポートを構成します。

According to this hypothesis, if one understood the code or "wiring diagram" of the nervous system, one should, in principle, be able to discover exactly what an organism remembers by reconstructing the original sensory patterns from the "memory traces" which they have left, much as we might develop a photographic negative, or translate the pattern of electrical charges in the "memory" of a digital computer.

この仮説によれば、神経系のコードまたは「配線図」を理解していれば、原則として、彼らが持っている「記憶の痕跡」から元の感覚パターンを再構築することにより、生物が覚えていることを正確に発見できるはずです。写真のネガを現像したり、デジタルコンピューターの「メモリ」の電荷パターンを変換したりする可能性があります。

This hypothesis is appealing in its simplicity and ready intelligibility, and a large family of theoretical brain models has been developed around the idea of a coded, representational memory (2, 3, 9, 14).

この仮説は、そのシンプルさとわかりやすさの点で魅力的であり、コード化された表現メモリの概念を中心に理論的脳モデルの大きなファミリーが発達しました（2、3、9、14）。

The alternative approach, which stems from the tradition of British empiricism, hazards the guess that the images of stimuli may never really be recorded at all, and that the central nervous system simply acts as an intricate switching network, where retention takes the form of new connections, or pathways, between centers of activity.

英国の経験主義の伝統に由来する代替アプローチは、刺激の画像が実際にはまったく記録されない可能性があるという推測を危険にさらします。

また、中枢神経系は単純に複雑なスイッチングネットワークとして機能し、保持が活動の中心間の新しい接続または経路の形をとります。

In many of the more recent developments of this position (Hebb's "cell assembly," and Hull's "cortical anticipatory goal response," for example) the "responses" which are associated to stimuli may be entirely contained within the CNS itself.

この位置の最近の開発の多く（ヘブの「細胞集合」、およびハルの「皮質の予測目標反応」など）では、刺激に関連する「反応」は、CNS(中枢神経：Central Nervous System)自体に完全に含まれている場合があります。

In this case the response represents an "idea" rather than an action.

この場合、応答はアクションではなく「アイデア」を表します。

The important feature of this approach is that there is never any simple mapping of the stimulus into memory, according to some code which would permit its later reconstruction.

このアプローチの重要な特徴は、後の再構築を可能にするコードに従って、刺激のメモリへの単純なマッピングが決してないことです。

Whatever information is retained must somehow be stored as a preference for a particular response; i.e., the information is contained in connections or associations rather than topographic representations.

保持される情報は、何らかの形で特定の応答の設定として保存する必要があります。つまり、情報は位置特異的な表現ではなく接続または関連付けに含まれています。

(The term response, for the remainder of this presentation, should be understood to mean any distinguishable state of the organism, which may or may not involve externally detectable muscular activity.

（このプレゼンテーションの残りの部分では、応答という用語は、外部から検出可能な筋肉活動を含む場合と含まない場合がある、生物の識別可能な状態を意味すると理解されるべきです。

The activation of some nucleus of cells in the central nervous system, for example, can constitute a response, according to this definition.)

この定義によれば、例えば、中枢神経系の細胞の一部の核の活性化は、反応を構成します。

Corresponding to these two positions on the method of information retention, there exist two hypotheses with regard to the third question, the manner in which stored information exerts its influence on current activity.

情報保持の方法に関するこれら2つの位置に対応して、3番目の質問、つまり保存された情報が現在の活動に影響を与える方法に関して2つの仮説が存在します。

The "coded memory theorists" are forced to conclude that recognition of any stimulus involves the matching or systematic comparison of the contents of storage with incoming sensory patterns, in order to determine whether the current stimulus has been seen before, and to determine the appropriate response from the organism.

「コード化された記憶理論家」は、現在の刺激が以前に見られたかどうかを判断し、適切な反応を判断するために、刺激の認識には記憶内容と入ってくる感覚パターンとの一致または系統的比較が含まれると生物から結論付けられます。

The theorists in the empiricist tradition, on the other hand, have essentially combined the answer to the third question with their answer to the second: since the stored information takes the form of new connections, or transmission channels in the nervous system (or the creation of conditions which are functionally equivalent to new connections), it follows that the new stimuli will make use of these new pathways which have been created, automatically activating the appropriate response without requiring any separate process for their recognition or identification.

一方、経験主義の伝統の理論家は、3番目の質問の答えと2番目の質問の答えを本質的に組み合わせています。保存された情報は、新しい接続、または神経系の伝達チャネル（または作成機能的に新しい接続と同等の条件）を利用し、新しい刺激は、作成されたこれらの新しい経路を利用し、認識または識別のための別のプロセスを必要とせずに適切な応答を自動的にアクティブにします。

The theory to be presented here takes the empiricist, or "connectionist"' position with regard to these questions.

ここで提示される理論は、これらの質問に関して経験主義者、または「コネクショニスト」の立場を取ります。

The theory has been developed for a hypothetical nervous system, or machine, called a perceptron.

この理論は、パーセプトロンと呼ばれる仮想的な神経系、または機械のために開発されました。

The perceptron is designed to illustrate some of the fundamental properties of intelligent systems in general, without becoming too deeply enmeshed in the special, and frequently unknown, conditions which hold for particular biological organisms.

パーセプトロンは、特定の生物体に当てはまる特殊で頻繁に未知の条件に深く入り込むことなく、一般的なインテリジェントシステムの基本的な特性の一部を示すように設計されています。

The analogy between the perceptron and biological systems should be readily apparent to the reader.

パーセプトロンと生物学的システムの類似性は、読者にはすぐに明らかになるはずです。

During the last few decades, the development of symbolic logic, digital computers, and switching theory has impressed many theorists with the functional similarity between a neuron and the simple on-off units of which computers are constructed, and has provided the analytical methods necessary for representing highly complex logical functions in terms of such elements.

過去数十年間、シンボリックロジック、デジタルコンピューター、スイッチング理論の開発により、多くの理論家は、ニューロンとコンピューターを構成する単純なオン/オフユニットの機能的な類似性に感銘を受け、必要な分析方法を提供してきました。そのような要素に関して非常に複雑な論理関数を表します。

The result has been a profusion of brain models which amount simply to logical contrivances

for performing particular algorithms (representing "recall," stimulus comparison, transformation, and various kinds of analysis) in response to sequences of stimuli—e.g., Rashevsky (14), McCulloch (10), McCulloch & Pitts (11), Culbertson (2), Kleene (8), and Minsky (13).

その結果、単純に論理的な工夫に匹敵する脳モデルが豊富にありました

刺激のシーケンスに応答して特定のアルゴリズム（「リコール」、刺激の比較、変換、およびさまざまな種類の分析を表す）を実行するため-Rashevsky（14）、McCulloch（10）、McCulloch＆Pitts（11）、Culbertson（2） ）、Kleene（8）、およびMinsky（13）。

A relatively small number of theorists, like Ashby (1) and von Neumann (17, 18), have been concerned with the problems of how an imperfect neural network, containing many random connections, can be made to perform reliably those functions which might be represented　by idealized wiring diagrams.

Ashby（1）やvon Neumann（17、18）のような比較的少数の理論家は、多くのランダムな接続を含む不完全なニューラルネットワークをどのようにして信頼性の高い機能を確実に実行できるかという問題に関心を持っており, 理想的な配線図で表されます。Unfortunately, the language of symbolic logic and Boolean algebra is less well suited for such investigations.

残念ながら、シンボリックロジックとブール代数の言語は、このような調査にはあまり適していません。

The need for a suitable language for the mathematical analysis of events in systems where only the gross organization can be characterized, and the precise structure is unknown, has led the author to formulate the current model in terms of probability theory rather than symbolic logic.

総体的な組織のみを特徴づけることができ、正確な構造が不明なシステムでのイベントの数学的分析に適した言語の必要性により、著者は記号論理ではなく確率理論の観点から現在のモデルを定式化しました。

The theorists referred to above were chiefly concerned with the question of how such functions as perception and recall might be achieved by a deterministic physical system of any sort, rather than how this is actually done by the brain.

上記の理論家は、知覚や想起などの機能が、実際に脳によってどのように行われるのではなく、どのような種類の決定論的な物理システムによってどのように達成されるのかという問題に主に関心がありました。

The models which have been produced all fail in some important respects (absence of equipotentiality, lack of neuroeconomy, excessive specificity of connections and synchronization requirements, unrealistic specificity of stimuli sufficient for cell firing, postulation of variables or functional features with no known neurological correlates, etc.) to correspond to a biological system.

生成されたモデルはすべて、いくつかの重要な点で失敗します（等電位性の欠如、神経経済性の欠如、接続と同期要件の過剰な特異性、細胞発火に十分な刺激の非現実的な特異性、既知の神経学的相関のない変数または機能的特徴の仮定、など）生物系に対応します。

The proponents of this line of approach have maintained that, once it has been shown how a physical system of any variety might be made to perceive and recognize stimuli, or perform other brainlike functions, it would require only a refinement or modification of existing principles to understand the working of a more realistic nervous system, and to eliminate the shortcomings mentioned above.

この一連のアプローチの支持者は、あらゆる種類の物理システムがどのように刺激を知覚および認識するか、または他の脳のような機能を実行する方法が示されると主張しました。より現実的な神経系の働きを理解し、上記の欠点を排除するために、既存の原則の改良または修正のみが必要です。

The writer takes the position, on the other hand, that these shortcomings are such that a mere refinement or improvement of the principles already suggested can never account for biological intelligence; a difference in principle is clearly indicated.

一方、筆者は、これらの欠点は、すでに示唆されている原則の単なる改良または改善では、生物学的知能を説明することはできないという立場をとっています。原則の違いが明確に示されています。

The theory of statistical separability (Cf. 15), which is to be summarized here, appears to offer a solution in principle to all of these difficulties.

ここで要約される統計的分離可能性の理論（Cf. 15）は、これらすべての困難に対する原則的な解決策を提供するように思われます。

Those theorists—Hebb (7), Milner (12), Eccles (4), Hayek (6)—who have been more directly concerned with the biological nervous system and its activity in a natural environment, rather than with formally analogous machines, have generally been less exact in their formulations and far from rigorous in their analysis, so that it is frequently hard to assess whether or not the systems that they describe could actually work in a realistic nervous system, and what the necessary and sufficient conditions might be.

これらの理論家-ヘブ（7）、ミルナー（12）、エクルズ（4）、ハイエク（6）-正式に類似した機械よりも、自然環境における生物学的神経系とその活動に直接関係していた一般に、公式化の正確性は低く、分析の厳密さからはほど遠いため、彼らが説明するシステムが実際の神経系で実際に機能するかどうか、必要かつ十分な条件は何かを評価することは困難です。

Here again, the lack of an analytic language comparable in proficiency to the Boolean algebra of the network analysts has been one of the main obstacles.

ここでも、ネットワークアナリストのブール代数に習熟度に匹敵する分析言語がないことが主な障害の1つです。

The contributions of this group should perhaps be considered as suggestions of what to look for and investigate, rather than as finished theoretical systems in their own right.

このグループの貢献は、おそらくそれ自体が完成した理論的システムとしてではなく、何を探して調査すべきかの提案として考えられるべきです。

Seen from this viewpoint, the most suggestive work, from the standpoint of the following theory, is that of Hebb and Hayek.

この観点から見ると、以下の理論の観点から最も示唆的な作品は、ヘッブとハイエクの作品です。

The position, elaborated by Hebb (7), Hayek (6), Uttley (16), and Ashby (1), in particular, upon which the theory of the perceptron is based, can be summarized by the following assumptions:

特に、ヘッブ（7）、ハイエク（6）、アットリー（16）、およびアシュビー（1）によって詳述された、パーセプトロンの理論の基礎となる位置は、次の仮定によって要約できます。

1. The physical connections of the nervous system which are involved in learning and recognition are not identical from one organism to another.

1.学習と認識に関与する神経系の物理的接続は、生物ごとに同一ではありません。

At birth, the construction of the most important networks is largely random, subject to a minimum number of genetic constraints.

出生時、最も重要なネットワークの構築はほとんどランダムであり、最小限の遺伝的制約があります。

1. The original system of connected cells is capable of a certain amount of plasticity; after a period of neural activity, the probability that a stimulus applied to one set of cells will cause a response in some other set is likely to change, due to some relatively long-lasting changes in the neurons themselves.

2.接続されたセルの元のシステムは、ある程度の可塑性があります。神経活動の期間の後、ニューロン自体の比較的長期にわたる変化により、細胞のセットに適用された刺激が他のセットで応答を引き起こす確率が変化する可能性があります。

3. Through exposure to a large sample of stimuli, those which are most "similar" (in some sense which must be defined in terms of the particular physical system) will tend to form pathways to the same sets of responding cells. Those which are markedly "dissimilar" will tend to develop connections to different sets of responding cells.

3.刺激の大きなサンプルへの暴露を通して、最も「類似」する（ある意味では特定の物理システムに関して定義されなければならない）ものは、応答する細胞の同じセットへの経路を形成する傾向があります。著しく「異なる」ものは、​​応答する細胞の異なるセットへの接続を開発する傾向があります

4. The application of positive and / or negative reinforcement (or stimuli which serve this function) may facilitate or hinder whatever formation of connections is currently in progress.

4.正および/または負の強化（またはこの機能を果たす刺激）の適用は、現在進行中の接続の形成を促進または妨害する可能性があります。

5. Similarity, in such a system, is represented at some level of the nervous system by a tendency of similar stimuli to activate the same sets of cells.

5.そのようなシステムにおける類似性は、神経系のあるレベルで、同じ細胞セットを活性化する類似の刺激の傾向によって表されます。

Similarity is not a necessary attribute of particular formal or geometrical classes of stimuli, but depends on the physical organization of the perceiving system, an organization which evolves through interaction with a given environment.

類似性は、刺激の特定の形式的または幾何学的なクラスの必要な属性ではありませんが、知覚システムの物理的組織、特定の環境との相互作用を通じて進化する組織に依存します。

The structure of the system, as well as the ecology of the stimulus-environment, will affect, and will largely determine, the classes of "things" into which the perceptual world is divided.

システムの構造、および刺激環境の生態系は、知覚世界が分割される「もの」のクラスに影響を与え、大部分を決定します。

**The Organization of a Perceptron**

The organization of a typical photo-perceptron (a perceptron responding to optical patterns as stimuli) is shown in Fig. 1.

典型的なフォトパーセプトロン（刺激として光学パターンに応答するパーセプトロン）の構成を図1に示します。

The rules of its organization are as follows:

組織の規則は次のとおりです。

1. Stimuli impinge on a retina of sensory units (S-points), which are assumed to respond on an all-or-nothing basis, in some models, or with a pulse amplitude or frequency proportional to the stimulus intensity, in other models.

1.刺激は、感覚ユニット（Sポイント）の網膜に衝突します。これは、一部のモデルではオールオアナッシングベースで、または他のモデルでは刺激強度に比例するパルス振幅または周波数で応答すると想定されています。

In the models considered here, an all-or-nothing response will be assumed.

ここで検討するモデルでは、オールオアナッシング応答が想定されます。

2. Impulses are transmitted to a set of association cells (A-units) in a "projection area" (A1).

2.インパルスは、「投影領域」（A1）内の関連セル（Aユニット）のセットに送信されます。

This projection area may be omitted in some models, where the retina is connected directly to the association area (A2).

この投影領域は、網膜が関連付け領域に直接接続されているモデル（A2）で省略される場合があります

The cells in the projection area each receive a number of connections from the sensory points.

投影領域内のセルはそれぞれ、感覚点から多数の接続を受け取ります。

The set of Spoints transmitting impulses to a particular A-unit will be called the origin points of that A-unit.

インパルスを特定のAユニットに送信するSポイントのセットは、そのAユニットの原点と呼ばれます。

These origin points may be either excitatory or inhibitory in their effect on the A-unit.

これらの起点は、Aユニットに対する効果の興奮性または抑制性のいずれかです。

If the algebraic sum of excitatory and inhibitory impulse intensities is equal to or greater than the threshold (6) of the A-unit, then the A-unit fires, again on an all-or-nothing basis (or, in some models, which will not be considered here, with a frequency which depends on the net value of the impulses received).

興奮性インパルス強度と抑制性インパルス強度の代数和がAユニットのしきい値（6）以上の場合、Aユニットは再びオールオアナッシングベース（または一部のモデルでは、受信したインパルスの正味の値に依存する周波数では、ここでは考慮されません）。

The origin points of the A-units in the projection area tend to be clustered or focalized, about some central point, corresponding to each A-unit.

投影領域内のAユニットの原点は、各Aユニットに対応する中心点を中心にクラスター化または焦点化される傾向があります。

The number of origin points falls off exponentially as the retinal distance from the central point for the A-unit in question increases.

問題のAユニットの中心点からの網膜距離が増加すると、原点の数は指数関数的に減少します。

(Such a distribution seems to be supported by physiological evidence, and serves an important functional purpose in contour detection.)

（そのような分布は生理学的証拠によって裏付けられているようであり、輪郭検出の重要な機能的目的に役立ちます。）

3. Between the projection area and the association area (A2), connections are assumed to be random.

3.投影領域と関連付け領域（A2）の間では、接続はランダムであると想定されます。

That is, each A-unit in the A2 set receives some number of fibers from origin points in the AI set, but these origin points are scattered at random throughout the projection area.

つまり、A2セットの各Aユニットは、AIセットの原点からいくつかの繊維を受け取りますが、これらの原点は投影領域全体にランダムに散らばっています。

Apart from their connection distribution, the An units are identical with the AI units, and respond under similar conditions.

接続の分布は別として、AnユニットはAIユニットと同一であり、同様の条件下で応答します。

4. The "responses," R1, R2, …, Rn are cells (or sets of cells) which respond in much the same fashion as the A-units.

4.「応答」、R1、R2、…、Rnは、Aユニットとほぼ同じ方法で応答するセル（またはセルのセット）です。

Each response has a typically large number of origin points located at random in the A2 set. The set of A-units transmitting impulses to a particular response will be called the source-set for that response.

各応答には、通常、A2セットにランダムに配置された多数の原点があります。インパルスを特定の応答に送信するAユニットのセットは、その応答のソースセットと呼ばれます。

(The source-set of a response is identical to its set of origin points in the A-system.)

（応答のソースセットは、Aシステムの原点のセットと同じです。）

The arrows in Fig. 1 indicate the direction of transmission through the network.

図1の矢印は、ネットワークを通る伝送の方向を示しています。

Note that up to A2 all connections are forward, and there is no feedback.

A2まではすべての接続が順方向であり、フィードバックはありません。

When we come to the last set of connections, between A2 and the R-units, connections are established in both directions.

A2とRユニット間の接続の最後のセットに到達すると、両方向の接続が確立されます。

The rule governing feedback connections, in most models of the perceptron, can be either of the following alternatives:

フィードバック接続を管理する規則は、パーセプトロンのほとんどのモデルで、次の代替のいずれかです。

(a) Each response has excitatory feedback connections to the cells in its own source-set, or

（a）各応答には、独自のソースセット内のセルへの興奮性フィードバック接続があります。

(B) Each response has inhibitory feedback connections to the complement of its own source-set (i.e., it tends to prohibit activity in any association cells which do not transmit to it).

B）各応答には、それ自体のソースセットの補数への抑制フィードバック接続があります（つまり、応答しないアソシエーションセルのアクティビティを禁止する傾向があります）。

The first of these rules seems more plausible anatomically, since the R-units might be located in the same cortical area as their respective source sets, making mutual excitation between the R-units and the A-units of the appropriate source-set highly probable.

Rユニットはそれぞれのソースセットと同じ皮質領域に配置され、適切なソースセットのRユニットとAユニットの間で相互に興奮する可能性が高いため、これらのルールの最初は解剖学的にもっともらしい。

The alternative rule (6) leads to a more readily analyzed system, however, and will therefore be assumed for most of the systems to be evaluated here.

ただし、代替ルール（6）は、より容易に分析されるシステムにつながるため、ここで評価されるほとんどのシステムで想定されます。

Figure 2 shows the organization of a simplified perceptron, which affords a convenient entry into the theory of statistical separability.

図2は、単純化されたパーセプトロンの構成を示しています。これにより、統計的分離可能性の理論に簡単にアクセスできます。

After the theory has been developed for this simplified model, we will be in a better position to discuss the advantages of the system in Fig. 1.

この単純化されたモデルの理論が開発された後、図1のシステムの利点を議論するためのより良い立場になります。

The feedback connections shown in Fig. 2 are inhibitory, and go to the complement of the source-set for the response from which they originate; consequently, this system is organized according to Rule b, above.

図2に示されているフィードバック接続は抑制的であり、元の応答のソースセットの補数になります。したがって、このシステムは上記のルールbに従って編成されます。

The system shown here has only three stages, the first association stage having been eliminated.

ここに示されているシステムには3つの段階しかなく、最初の関連付け段階は削除されています。

Each A-unit has a set of randomly located origin points in the retina.

各Aユニットには、網膜にランダムに配置された原点のセットがあります。

Such a system will form similarity concepts on the basis of coincident areas of stimuli, rather than by the similarity of contours or outlines.

このようなシステムは、輪郭や輪郭の類似性ではなく、刺激の一致領域に基づいて類似性の概念を形成します

While such a system is at a disadvantage in many discrimination experiments, its capability is still quite impressive, as will be demonstrated presently.

そのようなシステムは多くの差別実験で不利な点があるが、現在実証されているように、その能力は依然として非常に印象的である。

The system shown in Fig. 2 has only two responses, but there is clearly no limit on the number that might be included.

図2に示すシステムには2つの応答しかありませんが、含まれる可能性のある数に制限はありません。

The responses in a system organized in this fashion are mutually exclusive.

このように編成されたシステムの応答は相互に排他的です。

If R1 occurs, it will tend to inhibit R2, and will also inhibit the source-set for R3.

R1が発生すると、R2を抑制する傾向があり、R3のソースセットも抑制します。

Likewise, if R2 should occur, it will tend to inhibit R1.

同様に、R2が発生した場合、R1を抑制する傾向があります。

If the total impulse received from all the A-units in one source-set is stronger or more frequent than the impulse received by the alternative (antagonistic) response, then the first response will tend to gain an advantage over the other, and will be the one which occurs.

1つのソースセット内のすべてのAユニットから受信したインパルスの合計が、代替（拮抗的）応答によって受信したインパルスよりも強いか、またはより頻繁に発生する場合、最初の応答は他の応答よりも有利になる傾向があり、発生するもの。

If such a system is to be capable of learning, then it must be possible to modify the A-units or their connections in such a way that stimuli of one class will tend to evoke a stronger impulse in the R1 source-set than in the R2 source-set, while stimuli of another (dissimilar) class will tend to evoke a “stronger” impulse in the R2 source-set than in the R1 source-set.

そのようなシステムが学習できる場合、1つのクラスの刺激がR1ソースセットでより強いインパルスを誘発する傾向があるように、Aユニットまたはそれらの接続を変更できる必要があります。 R2ソースセットは、別の（異なる）クラスの刺激がR1ソースセットよりもR2ソースセットの「強い」インパルスを引き起こす傾向があります。

It will be assumed that the impulses delivered by each A-unit can be characterized by a value, V, which may be an amplitude, frequency, latency, or probability of completing transmission.

各Aユニットによって配信されるインパルスは、値Vによって特徴付けることができると想定されます。値Vは、振幅、周波数、レイテンシ、または送信完了の確率です。

If an A-unit has a high value, then all of its output impulses are considered to be more effective, more potent, or more likely to arrive at their endbulbs than impulses from an A-unit with a lower value.

Aユニットの値が高い場合、その出力インパルスはすべて、より低い値のAユニットからのインパルスよりも効果的、強力、またはエンドバルブに到達する可能性が高いと見なされます。

The value of an A-unit is considered to be a fairly stable characteristic, probably depending on the metabolic condition of the cell and the cell membrane, but it is not absolutely constant.

Aユニットの値は、おそらく細胞と細胞膜の代謝状態に応じて、かなり安定した特性であると見なされますが、絶対的に一定ではありません。

It is assumed that, in general, periods of activity tend to increase a cell's value, while the value may decay (in some models) with inactivity.

一般に、アクティビティの期間はセルの値を増加させる傾向にありますが、値は非アクティブで減衰する場合があります（一部のモデル）。

The most interesting models are those in which cells are assumed to compete for metabolic materials, the more active cells gaining at the expense of the less active cells.

最も興味深いモデルは、細胞が代謝物質を奪い合うと想定されているモデルであり、活性の低い細胞を犠牲にして活性の高い細胞を獲得します。

In such a system, if there is no activity, all cells will tend to remain in a relatively constant condition, and (regardless of activity) the net value of the system, taken in its entirety, will remain constant at all times.

このようなシステムでは、アクティビティがない場合、すべてのセルが比較的一定の状態にとどまる傾向があり、（アクティビティに関係なく）システム全体の正味価値は常に一定のままです。

Three types of systems, which differ in their value dynamics, have been investigated quantitatively.

価値のダイナミクスが異なる3種類のシステムが定量的に調査されています。

Their principal logical features are compared in Table 1.

それらの主要な論理機能を表1で比較します。

In the alpha system, an active cell simply gains an increment of value for every impulse, and holds this gain indefinitely.

アルファシステムでは、アクティブセルは単にすべてのインパルスに対して値の増分を取得し、このゲインを無期限に保持します。

In the beta system, each source-set is allowed a certain constant rate of gain, the increments being apportioned among the cells of the source-set in proportion to their activity.

ベータシステムでは、各ソースセットに特定の一定のゲインレートが許可されており、増分はソースセットのセル間でアクティビティに比例して割り当てられます。

In the gamma system, active cells gain in value at the expense of the inactive cells of their source-set, so that the total value of a source-set is always constant.

ガンマシステムでは、ソースセットの非アクティブセルを犠牲にしてアクティブセルの値が増加するため、ソースセットの合計値は常に一定です。

For purposes of analysis, it is convenient to distinguish two phases in the response of the system to a stimulus (Fig. 3).

分析のために、刺激に対するシステムの応答の2つのフェーズを区別するのが便利です（図3）。

In the predominant phase, some proportion of A-units (represented by solid dots in the figure) responds to the stimulus, but the R-units are still inactive.

支配的なフェーズでは、Aユニットの一部（図の実線で表示）が刺激に反応しますが、Rユニットはまだアクティブではありません。

This phase is transient, and quickly gives way to the postdominant phase, in which one of the responses becomes active, inhibiting activity in the complement of its own source-set, and thus preventing the occurrence of any alternative response.

このフェーズは一時的なものであり、応答の1つがアクティブになり、それ自体のソースセットの補数のアクティビティを抑制し、代替応答の発生を防ぐ、支配的なフェーズにすぐに移行します。

The response which happens to become dominant is initially random, but if the A-units are reinforced (i.e., if the active units are allowed to gain in value), then when the same stimulus is presented again at a later time, the same response will have a stronger tendency to recur, and learning can be said to have taken place.

たまたま支配的になる応答は最初はランダムですが、Aユニットが強化されている場合（つまり、アクティブユニットが値を得ることができる場合）、同じ刺激が後で再び提示された場合、同じ応答再発する傾向が強くなり、学習が行われたと言うことができます。

**Analysis of the Predominant phase**

The perceptrons considered here will always assume a fixed threshold, 6, for the activation of the A-units.

ここで考慮されるパーセプトロンは、Aユニットのアクティブ化のために常に固定のしきい値6を想定します。

Such a system will be called a fixedthreshold model, in contrast to a continuous transducer model, where the response of the A-unit is some continuous function of the impinging stimulus energy.

このようなシステムは、Aユニットの応答が衝突刺激エネルギーの連続関数である連続トランスデューサモデルとは対照的に、固定しきい値モデルと呼ばれます。

In order to predict the learning curves of a fixed-threshold perceptron, two variables have been found to be of primary importance.

固定しきい値パーセプトロンの学習曲線を予測するために、2つの変数が最も重要であることがわかっています。

They are defined as follows:

それらは次のように定義されます：

Pa = the expected proportion of A-units activated by a stimulus of a given size,

Pa =与えられたサイズの刺激によって活性化されるAユニットの予想割合、

PC = the conditional probability that an A-unit which responds to a given stimulus, S1, will also respond to another given stimulus, S2.

PC =特定の刺激S1に応答するAユニットが別の特定の刺激S2にも応答する条件付き確率。

It can be shown (Rosenblatt, 15) that as the size of the retina is increased, the number of S-points (Na) quickly ceases to be a significant parameter, and the values of Pa and Pc approach the value that they would have for a retina with infinitely many points.

網膜のサイズが大きくなると、Sポイント（Na）の数がすぐに重要なパラメーターでなくなり、無限に多くのポイントを持つ網膜の場合、PaとPcの値が持つ値に近づくことが示されます（Rosenblatt、15）

For a large retina, therefore, the equations are as follows :

したがって、大きな網膜の場合、方程式は次のようになります。

Where

and

R = proportion of S-points activated by the stimulus

R =刺激によって活性化されるSポイントの割合

x = number of excitatory connections to each A-unit

x =各Aユニットへの興奮性接続の数

y = number of inhibitory connections to each A-unit

y =各Aユニットへの抑制接続の数

0 = threshold of A-units.

0 = Aユニットのしきい値。

(The quantities e and i are the excitatory and inhibitory components of the excitation received by the A-unit from the stimulus.

（量eおよびiは、刺激からAユニットが受け取る興奮の興奮性成分および抑制性成分です。

If the algebraic sum a = e + i is equal to or greater than 6, the A-unit is assumed to respond.)

代数和a = e + iが6以上の場合、Aユニットが応答すると想定されます。

where

And

L = proportion of the S-points illuminated by the first stimulus, Si, which are not illuminated by S2.

L = S2で照らされていない最初の刺激Siで照らされたSポイントの割合。

G = proportion of the residual S-set (left over from the first stimulus) which is included in the second stimulus (S~~2~~).

G = 2番目の刺激（S2）に含まれる残留Sセット（最初の刺激から残った）の割合。

The quantities R, L, and G specify the two stimuli and their retinal overlap.

量R、L、およびGは、2つの刺激とその網膜の重なりを指定します。

le and li are, respectively, the numbers of excitatory and inhibitory origin points "lost" by the A-unit when stimulus S1 is replaced by S2; ge and gi are the numbers of excitatory and inhibitory origin points "gained" when stimulus S1 is replaced by S2.

leおよびliはそれぞれ、刺激S1がS2に置き換えられたときにAユニットによって「失われた」興奮性および抑制性の起点の数です。 geおよびgiは、刺激S1がS2に置き換えられたときに「獲得」される興奮性および抑制性の起点の数です。

The summations in Equation 2 are between the limits indicated, subject to the side condition .

式2の合計は、サイド条件を条件として、示された制限の間にあります。

Some of the most important characteristics of *Pa* are illustrated in Fig. 4, which shows *Pa* as a function of the retinal area illuminated (R).

Paの最も重要な特性のいくつかを図4に示します。これは、Paが照らされた網膜領域（R）の関数として示しています。

Note that *Pa* can be reduced in magnitude by either increasing the threshold, θ, or by increasing the proportion of inhibitory connections (y).

しきい値θを大きくするか、抑制結合の割合（y）を大きくすると、Paの大きさが小さくなることに注意してください。

A comparison of Fig. 4b and 4c shows that if the excitation is about equal to the inhibition, the curves for Pa as a function of R are flattened out, so that there is little variation in Pa for stimuli of different sizes.

図4bと4cを比較すると、励起が抑制にほぼ等しい場合、Rの関数としてのPaの曲線は平坦化されるため、異なるサイズの刺激のPaの変動はほとんどありません。

This fact is of great importance for systems which require Pa to be close to an optimum value in order to perform properly.

この事実は、適切に機能するためにPaを最適値に近づけることを必要とするシステムにとって非常に重要です。

The behavior of Pc is illustrated in Fig. 5 and 6.

Pcの動作を図5および6に示します。

The curves in Fig. 5 can be compared with those for Pa in Fig. 4.

図5の曲線は、図4のPaの曲線と比較できます。

Note that as the threshold is increased, there is an even sharper reduction in the value of Pc than was the case with Pa.

しきい値を大きくすると、Paの場合よりもPcの値がさらに急激に減少することに注意してください。

Pc also decreases as the proportion of inhibitory connections increases, as does Pa.

また、抑制性結合の割合が増加すると、Paも減少します。

Fig. 5, which is calculated for nonoverlapping stimuli, illustrates the fact that Pc remains greater than zero even when the stimuli are completely disjunct, and illuminate no retinal points in common.

オーバーラップしない刺激に対して計算された図5は、刺激が完全に分離されている場合でもPcがゼロよりも大きいままであり、共通の網膜点を照らさないという事実を示しています。

In Fig. 6, the effect of varying amounts of overlap between the stimuli is shown.

図6では、刺激間のオーバーラップ量を変化させた場合の効果が示されています。

In all cases, the value of Pc goes to unity as the stimuli approach perfect identity.

すべての場合において、刺激が完全な同一性に近づくにつれて、Pcの値は一致します。

For smaller stimuli (broken line curves), the value of Pc is lower than for large stimuli. Similarly, the value is less for high thresholds than for low thresholds.

小さな刺激（破線曲線）の場合、Pcの値は大きな刺激の場合よりも低くなります。同様に、高い閾値の値は、低い閾値の値よりも小さくなります。

The minimum value of Pc will be equal to .

Pcの最小値は、に等しくなります。

In Fig. 6, Pcmin corresponds to the curve for θ = 10.

図6では、Pcminはθ= 10の曲線に対応しています。

Note that under these conditions the probability that the A-unit responds to both stimuli (Pc) is practically zero, except for stimuli which are quite close to identity.

これらの条件下では、Aユニットが両方の刺激（Pc）に応答する確率は、同一性に非常に近い刺激を除いて、実質的にゼロであることに注意してください。

This condition can be of considerable help in discrimination learning.

この状態は、差別学習においてかなり役立つ可能性があります。