

Title	初期聴覚中枢系の神経細胞レベルでの時間情報処理機構に関する研究
Author(s)	伊藤, 一仁
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/934
Rights	
Description	Supervisor:赤木 正人, 情報科学研究科, 博士

本研究では、時間的なゆらぎや時間的な冗長性を伴う生体信号の特性を背景にして達成される脳の情報処理の戦略を理解するために、感覚器官の一つである聴覚系の神経細胞レベルでの時間情報処理のメカニズムを数理的に検討した。中でも、両耳間時間差 (ITD) による方向定位の知覚が達成される過程での、神経インパルスの間隔 (ISI) としての時間情報が、整形、利用、そして喪失されていく一連の時間情報処理のメカニズムを、近年の生理学・解剖学的な知見に基づく計算機モデルを用いたシミュレーションや、新たな視点による音響心理物理学実験によって検討した。

時間情報の整形では、前腹側蝸牛神経核 (AVCN) の神経細胞の位相同期性と周期同調性を向上させる仕組みを検討した。特に、周期同調性に注目することにより、1 次聴神経の発火パターンに対して出力スパイク系列の ISI の規則性を向上するための、神経細胞が備えるべき入力端末数と、発火に必要な入力イベント数との間の数理的な関係を導くと共に、より多重な入力端末の接続を受ける神経細胞が位相固定特性を改善する働きを持つことを明らかにした。これらの結果は、AVCN の単一の神経細胞に多重な入力を受ける発火機構が存在する可能性を示唆する。

時間情報の利用では、上オリーブ内側核 (MSO) で実現される両耳間時間差 (ITD) 検出について検討した。従来の両耳間時間差検出回路モデルに、時間的に冗長な信号伝達の過程や、閾値レベル・不応期などの非線型な出力機構を組み合わせることによって、1 次神経型の発火パターンを模擬する入力スパイク系列に対して、正しい ITD の検出が行われる過程を明らかにした。そこでは、神経インパルス系列に含まれる時間的なゆらぎは、ノイズではなく、逆に ITD の検出に貢献する可能性が示された。

時間情報の喪失について、生理学的に示されてきた神経細胞の特徴周波数 (CF) と位相同期性との関係を計算機シミュレーションによって再検討した。その結果、神経インパルスの時間的な分布が、どの CF の聴覚経路でも類似する可能性が示唆され、これを仮説として提案した。そして、隣接する周期間での神経インパルスの干渉が時間情報を喪失させるメカニズムを明らかにし、従来心理物理学実験で知られていた純音に対する定位能力の低下の要因となる可能性を示した。

さらにヒトの聴覚系での時間情報処理について、両耳間位相差 (IPD) による純音への頭内定位の心理物理学実験による検討を行った。同じ位相多義性の状況下で行われた異なる周波数の刺激に対する定位判断の違いが、ヒトの純音への定位能力の低下が位相多義性以外の要因である可能性を示唆した。そして、別の要因として、神経系での時間情報の喪失の可能性を提案した。

これら個々の研究結果を総合して得られた知見は、聴覚系が神経インパルスの jitter や休止による影響を多重な入力機構によって緩和したり、逆に jitter を積極的に利用して一見ばやけた情報群の中から本当に必要な情報を抽出するという、生体信号が元来持っている時間的なゆらぎや冗長性を前提とした巧みな時間情報処理のメカニズムを構築していることである。本研究は、聴覚の研究を通じて、神経系、延いては脳の時間情報処理戦略の一部を明らかにするとともに、ノイズにロバストな信号処理システムの構築などへの工学的な応用に多くの示唆を与えた。