

平成24年9月26日(水)

刷り込み学習における最大の謎を解明！ — 学習臨界期の扉を開くホルモンの発見 —

☆ 研究成果リリース概要

帝京大学薬学部の本間光一教授、山口真二准教授、青木直哉助教、片桐幸子助教、北海道大学大学院理学研究院の松島俊也教授らの研究グループは、鳥類に見られる刷り込み学習（インプリンティング）に着目し、**学習臨界期を開始させる因子が甲状腺ホルモンであることを発見**しました。このホルモンによって鳥の**学習能力は飛躍的にアップし、刷り込み学習ばかりでなく、その後の学習を習得する効率が大幅に向上**します。言語学習など、臨界期を有する学習はヒトにおいても多く知られており、共通した原理を究明するためにも重要な発見です。この研究成果は、英国 *Nature Communications* 誌（9月25日16時00分グリニッジ標準時）に発表されました。

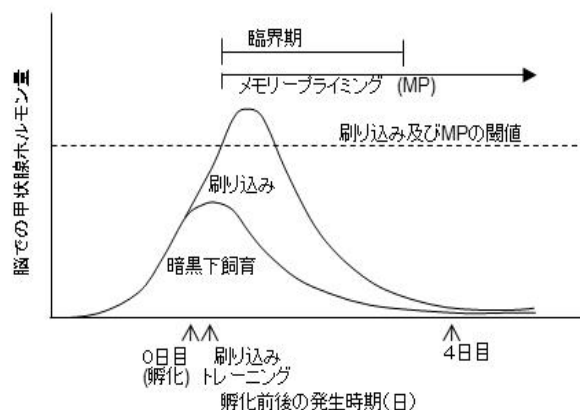
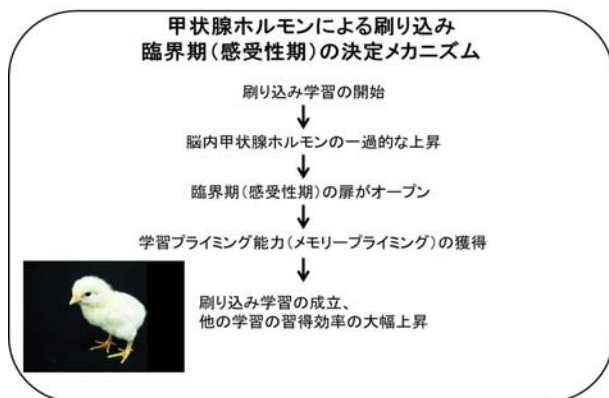
☆ 研究成果のポイント

- 学習臨界期を開始させる因子が甲状腺ホルモンであることを発見した。
- 甲状腺ホルモンを注射することで、閉じてしまった学習臨界期を再び開くことができた。
- 甲状腺ホルモンを注射すると、学習能力は飛躍的にアップし、早期学習（刷り込み）だけでなく、その後の学習も効率よく習得できるようになった。

〈本研究に関する問合せ先〉

●帝京大学 薬学部 教授 本間 光一
〒173-8605 東京都板橋区加賀2-11-1
帝京大学薬学部 生命薬学講座 病態分子生物学研究室
電話:03-3964-8127(直通)
ファクス:03-3964-8132
Eメール: hommakj@pharm.teikyo-u.ac.jp

●北海道大学 大学院理学研究院 教授 松島 俊也
〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目
北海道大学 大学院理学研究院
生物科学部門 行動知能学研究室
電話:011-706-3523(直通、ファクス共)
Eメール: matusima@sci.hokudai.ac.jp



〈図の説明〉

甲状腺ホルモンによって開かれる学習臨界期の扉

刷り込み学習によって甲状腺ホルモンが脳内に流入し、ある濃度（閾値）を超えると刷り込み学習が習得できるようになる。さらに、甲状腺ホルモンによって脳がプライミングされることが呼び水となって、後の学習が習得できるようになる。

☆ 研究背景

ある種の学習には、その時期にしか習得できない臨界期(critical period)、あるいは感受性期(sensitive period)と呼ばれるものがあることが知られています。巣を持たないニワトリやカモなどの鳥類のヒナが、孵化直後に親を記憶して追いかける刷り込み学習（インプリンティング）はその典型的な例で、ノーベル医学生理学賞を受賞したコンラート・ローレンツによる研究が有名ですが、刷り込みに関する報告は、1872年のダグラス・ス波尔ディングによるものまで遡るとわれています。以来、行動学的、心理学的、生化学的な多くの考察がなされてきましたが、およそ140年の間、刷り込みの臨界期の分子機構、特に臨界期を決定する因子の存在については明らかにされていませんでした。

☆ 研究成果

今回論文著者らは、ニワトリの場合2, 3日間に限定されている臨界期の開始を決定する因子が、甲状腺ホルモンであることを発見しました。すなわち刷り込みが成立するためには、学習を開始すると同時に甲状腺ホルモンが急速に脳内へ流入し、臨界期の扉を開く生化学反応を引き起こすことが必要であることを明らかにしたのです。この反応は急速で、わずか20～30分間の生化学反応で学習臨界期を開始させるのに十分なものでした。また臨界期を過ぎ、学習させてももはや刷り込みが成立しなくなった鳥であっても、人為的に甲状腺ホルモンを注射することで刷り込みが可能となることも示しました。さらに刷り込みには、その後の学習を効率よく習得できるようにプライミングする機能（学習の点火薬としての機能）があることもわかりました。驚くべきことにこのプライミング能力は、刷り込み学習をさせなくても、甲状腺ホルモンを一過的に与えるだけで獲得できました。つまり、刷り込み学習は、これまで考えられていたような特殊な学習ではなく、動物が生まれてからあとに学習を積み重ねていくための能力を与えるという重要な役割があったのです。今回の研究成果は、臨界期の分子基盤を明らかにするとともに、学習の臨界期を逃しても再び臨界期を人為的にもたらすことが可能であることを示した画期的な研究成果であり、19世紀の報告以来140年間に及ぶ刷り込み研究の最大の謎が解かれたと言えます。

☆ 本研究成果の意義・社会に与える影響

鳥類の刷り込みは、早期学習の典型例として高校の生物の教科書でも取り上げられている重要なもので、特に孵化後数日間に限定されている学習臨界期の開始を決定するホルモンが発見されたことは、ヒトの学習の獲得メカニズムにも応用可能な一般性を有する発見です。また若年期の教育の質を向上させる上でも重要な示唆を与えるものです。臨界期を有する学習では、ヒトにおいても、言語の習得、絶対音感、社会性やストレスへの適切な対応能力の獲得など、幼若期で習得することが不可欠な学習が存在します。今回の研究成果は、臨界期の分子基盤を明らかにするとともに、学習の臨界期を逃しても再び臨界期を人為的にもたらすことが可能であることを示しました。さらに、学習を先延ばしにしてもあらかじめプライミングしておくことによって、いつでもその後の習得を保証するような薬の開発など、これまでにない新しい研究アプローチを開拓する端緒となることが期待されます。

〈論文掲載情報〉

Yamaguchi, S., Aoki, N., Kitajima, T., Iikubo, E., Katagiri, S., Matsushima, T. and Homma, K. J.

“Thyroid hormone determines the start of the sensitive period of imprinting and primes later learning.”

「甲状腺ホルモンは、刷り込み感受性期の開始を決定し、のちの学習の起爆薬となる。」

Nature Communications 誌 9月25日号(現地時間)に掲載。

〈用語説明〉

★刷り込み：

生後間もないカモやニワトリのヒナが、親を記憶して追従する行動のこと。社会一般では刷り込みが定着しているが、心理学では刻印付けが通常用語として用いられる。動物の発達初期の学習のひとつであり、親からの保護を確実に得るための学習であることから、親子間の刷り込み(filial imprinting)と呼ばれる。学習臨界期(critical period)または学習感受性期(sensitive period)と呼ばれる時期が存在し、習得可能な時期が特定の発達段階に限定されている。刷り込みによる学習が一度成立すると、忘れにくい強い記憶となって定着する。親子間の刷り込みの対象は、おもちゃなどの人工物でも成立することから、学習や学習臨界期のメカニズムの研究にも利用される。鳥類では、成長後に好みの異性を獲得するために必要な学習と考えられる性的刷り込み(sexual imprinting)が見られるほか、ヒトの乳児が母乳の匂いを記憶したり、サケなどの魚類が、育った川を記憶して、成長後にもどる母川回帰なども刷り込みに含められる場合がある。

★学習臨界期：

ある学習の習得可能な時期が特定の発達段階に限定されている場合、その時期のことを学習臨界期(critical period)または学習感受性期(sensitive period)とよぶ。生後間もないカモやニワトリなど離巢性の鳥類のヒナが、親を記憶して追従する刷り込み(filial imprinting)の場合、孵化後2、3日間が学習臨界期となる。また、成長後に好みの異性を獲得するために必要な学習と考えられる性的刷り込み(sexual imprinting)では、羽衣の時期(4～6週齢)が学習臨界期となる。このように、学習によって臨界期の時期や期間が異なる。鳥類でも就巢性のキンカチョウなどに見られる歌学習、ヒトにおける言語の習得にも学習臨界期が存在する。一般に学習臨界期を過ぎるとその学習の習得ができなくなることから、特定の発達段階と結びつく生理的な意義があると考えられる。

★甲状腺ホルモン：

甲状腺で合成、分泌されるホルモン。チロキシン(T_4)とトリヨードチロニン(T_3)の2種類がある。 T_3 の活性の方が T_4 より数倍高い。血中には T_4 が多く体内を循環しており、標的臓器に到達すると取り込まれて T_3 となる。生理作用として動物の基礎代謝を維持する作用が知られている。慢性的に甲状腺ホルモン量が亢進することが原因となる疾患としてバセドウ病が、欠如することが原因となる疾患として橋本病が知られている。本研究のように短時間で臓器に作用する作用は、非遺伝子的作用(nongenomic action)として最近報告されるようになってきている。

★プライミング：

点火薬、起爆薬のこと。ここでは、脳が甲状腺ホルモンによって、学習能力を獲得するときのホルモンの作用を指す。論文の中で著者らは、刷り込み学習が親を記憶することに基づく学習であることから、メモリープライミング(MP, memory priming)と命名している。