



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Neuroethological studies of social facilitation in domestic chicks [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	小倉, 有紀子
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第11403号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56274
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yukiko_Ogura_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（生命科学） 氏 名 小倉 有紀子

学 位 論 文 題 名

Neuroethological studies of social facilitation in domestic chicks

(ニワトリ雛の社会的促進に関する神経行動学的研究)

【序論】

本学位論文は三章から構成される。第一章では新たな行動課題を開発して行動薬理学的実験を行い、採餌のための運動（エフォート）に対する神経修飾物質セロトニンおよびドーパミンの役割を調べた。第二章では定量的な行動解析に基づき、社会採餌下でエフォートが増えること、特に、この社会的促進は採餌量の増大を伴わなくとも生じることを明らかにした。第三章では局所的な脳破壊実験を行い、内側線条体と黒質が採餌エフォートとその社会的促進に関して二重に分離した機能を備えていることを明らかにした。ドーパミンの社会的促進に果たす役割についても検討した。

【第一章】採餌エフォートに対するセロトニンとドーパミンの役割

神経修飾物質であるセロトニンは、餌報酬に対する時間コストの決定に寄与すると広く考えられている（Doya 2008 for review）。他方、運動（エフォート）コストの決定への効果は十分に調べられていなかった。

本章では神経薬理学的に脳内セロトニン濃度を上昇させた条件下で、ニワトリ雛の採餌エフォートを調べた。採餌エフォートを定量化するため、両端に餌場のある I 字迷路を用いた。変動間隔スケジュールで給餌を行う間、雛は餌場間を往復し続けた。この往復運動量と走行速度を指標として、選択的セロトニン再取り込み阻害薬フルボキサミンの効果を調べた。フルボキサミンはセロトニン輸送体と結合してその働きを阻害し、シナプス間隙のセロトニン濃度を高めることが知られている。フルボキサミン投与群とビークル群とで往復運動量を群間比較した。フルボキサミン投与群はビークル群に比べ、往復運動量および走行速度が低かった。続いて、セロトニンの主要な投射先である内側線条体をターゲットに、脳内微小透析法により神経修飾物質の放出量の変化を調べた。フルボキサミン投与によりセロトニン濃度が増大すると共に、ドーパミン濃度も微増することが判明した。

以上より、内側線条体におけるセロトニン・ドーパミン相互作用が採餌エフォート量の決定に寄与することが示唆された。

【第二章】採餌エフォートの社会的促進に関する行動学的研究

社会的促進は他者による行動量の増大全般を指し（Zajonc 1965 for review）、ヒトからアリまで幅広い動物種で報告されている。採餌行動に限っても、その社会的促進は多くの脊椎動物で知られているが、先行研究では餌を無制限に与えていた。そのため餌量も増大し、それが副次的にエフォート量を増大させていた可能性が否定できなかった。

本章ではまず I 字迷路において単独採餌ないしはペア採餌をさせ、往復運動量を群間比較した。ペア採餌群の運動量は単独採餌群に比べて高くなった。飼育ケージにおける社会採餌の経験は無関係であった。次いで餌をめぐる競合の影響を除くため、雛および餌箱を透明ないしは不透明な仕切り板で分断した。仕切りが透明な（ペア相手が見える）条件であれば、餌の競合がなくても往復運動量は増えた。他方、仕切りが不透明な（ペア相手が見えない）条件では、餌の競合の有無に関わらず、往復運動量は増えなかった。同様の社会的促進は採餌の完了行動（餌を採るためのついで運動）にも生じ、この場合も獲得さ

れる餌量は増えていなかった。以上より、採餌行動の社会的促進は、餌量の増大によらず、他者を視覚的に認める事だけで生じることが判った。

【第三章】採餌エフォートとその社会的促進に対する内側線条体・黒質の機能的分離

社会的促進の神経機構はこれまで、全くと言ってよいほど調べられていなかった。そこでまず、社会的促進が採餌エフォートに対して生じることから、採餌エフォートの決定に係る神経系が関与すると仮定して、一連の局所脳破壊実験を行った。第一章から得られた知見を基に、中脳腹側被蓋野から内側線条体へのドーパミン性投射（内側系）に着目した。他方、第二章で論じたように、社会的促進は餌量の増大が伴わなくとも生じる。よって社会的促進の系は、餌報酬に基づいて採餌エフォートを決定する系とは独立している可能性もある。そこで、もう一つの有力なドーパミン性神経投射である、中脳黒質から外側線条体への系（外側系）にも着目した。内側系とは解剖学的に分離しており（Mezey & Csillag 2002）、哺乳類においては機能的にも分離していることが指摘される（Balleine & O'Doherty 2010）。しかし、社会的促進との関連については不明であった。

内側系については内側線条体、外側系については黒質を標的部位とし、電気破壊ないしはドーパミン性神経選択的破壊の効果を偽処置群との群間比較により検討した。電気破壊の効果はニッスル染色標本により検討した。更にドーパミン作動性神経細胞と終末への破壊の効果は、TH（チロシン水酸化酵素）免疫組織化学染色法により検討した。1回のテストのなかで、被験個体には単独採餌とペア採餌の双方を連続的に経験させ、両者を比較することによって社会的促進を調べた。採餌エフォート量の指標として単独時の往復運動量、社会的促進の指標としてペア時と単独時との往復運動量の差分を用いた。対照群（偽処置群）の結果から、これらの指標は互いに独立であると考えられた。

単独時の往復運動量（採餌エフォート量の指標）は、内側線条体電気破壊群のみ、偽処置群に比べて低下した。ドーパミン性神経破壊の効果は見られなかった。黒質については電気破壊・ドーパミン性神経破壊ともに無効であった。他方、往復運動量の差分（社会的促進の指標）は、黒質電気破壊・ドーパミン性神経破壊によって小さくなった。内側線条体破壊の効果は見られなかった。

更に、行動指標を基に破壊領域を1個体ごとに検討し、影響が大きい脳領域を検討した。内側線条体では背側部が破壊された個体において、往復運動量に対する影響がより大きい傾向がみられた。黒質では外背側部が破壊された個体において、社会的促進に対する影響が大きい傾向が見られた。但し、内側線条体においては組織の機械的破壊を伴わず、ドーパミン性神経終末のみの破壊に留まったのに対し、黒質においては機械的破壊が生じていた。黒質のドーパミン性神経破壊については、更にデータを追加する必要がある。

以上から、腹側被蓋野-内側線条体系と黒質-外側線条体系が異なる機能を持つことが示唆された。すなわち、前者は採餌エフォートの決定に、後者はその社会的促進に寄与し、両者は二重に分離していると考えられる。但し内側系の機能的分離を確実に示すためには、腹側被蓋野の破壊によっても社会的促進が減弱しないことを示す必要がある。

【考察】

社会的促進という現象は Triplett (1898) がヒトについて記述して以来、一世紀以上にもわたって心理学の重要なトピックであった。にもかかわらず、神経生物学の観点から次の二点が未解決のままであった。第一に報酬（採餌量）と因果的に結びついているかという問題、第二に何を神経基盤とするかという問題である。本研究では社会的促進の定量的解析に適した行動課題を新たに開発し（第一章）、社会的促進が採餌量の増大を伴わなくとも起こる事を示し（第二章）、更にその神経基盤が採餌エフォートの制御系と独立であることを示した（第三章）。社会的促進に寄与する脳領域を同定したのは本研究が初めてである。しかしドーパミンの関与については、今後更なる検討が必要である。