

令和 3 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02330

研究課題名（和文）ニワトリにおける油脂の味覚受容機構の統合的理解

研究課題名（英文）Comprehensive analyses of fat-taste sensing in chickens

研究代表者

田畑 正志（Tabata, Shoji）

九州大学・農学研究院・教授

研究者番号：40145503

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：油脂は動物にとって必須の栄養素であり嗜好性も高い。飼料中の油脂は味覚で認識されていると予想されるが、ニワトリにおける油脂の味覚受容機構は不明な点が多かった。本研究では、脂肪酸受容体GPR120が味細胞に存在し、飼料中に含まれている種々の脂肪酸によって活性化されることを明らかにした。また、行動試験により脂肪酸を味覚で感じていることもわかり、ニワトリにおける油脂の味覚受容機構の概要が理解できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ニワトリの味覚が理解できれば、人為的にニワトリの嗜好性を制御する方法の確立につながり、効率的な動物生産に貢献できると考えられる。本研究では特に油脂の味覚受容機構に着目し、ニワトリがGPR120という脂肪酸受容体を用いて油脂の味を感じていることを明らかにした。これにより、今後GPR120を標的としたニワトリの嗜好性制御技術の開発が期待される。

研究成果の概要（英文）：Lipids are essential nutrients for animals and have high palatability. It was supposed that lipids in feeds are recognized by taste sense, but there were many unclear points about the taste sense mechanism of lipids in chickens. In this study, we found that the fatty acid receptor, G protein-coupled receptor 120 (GPR120), is expressed in chicken taste cells and is activated by various fatty acids contained in chicken feed. In addition, the behavioral test revealed that fatty acids are sensed by taste sense, and the outline of the fat taste sense in chickens could be understood.

研究分野：家畜生体機構学、味覚生理学

キーワード：ニワトリ 味覚 脂肪味 油脂 飼料 脂肪酸 GPR120

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

油脂の味は、基本五味（甘味、うま味、苦味、酸味、塩味）とは別個の第六の味覚と呼ばれている。油脂（脂質）は三大栄養素の一つであることから、動物の成長には欠かせないが、カロリーが高く嗜好性も強い。過剰摂取は脂肪の蓄積につながり、動物の健康、並びに産肉効率を低下させるが、一方で飼料の「美味しさ」はアニマルウェルフェアの観点からは重要である。ニワトリが感じる油脂の味覚を理解し、油脂摂取を適切に調節する技術の開発は、動物福祉に配慮した家禽産業の発展を目指す上で重要である。

### 2. 研究の目的

本研究ではニワトリ口腔組織における油脂の味覚受容機構を解明することを目的とした。飼料には様々な油脂が用いられているが、どの脂肪酸がニワトリにとって味わる脂肪酸なのか、そしてどのようなメカニズムで油脂を味わっているのかはほとんどわかっていない。本研究ではそれらの解明を目指す。これらの知見は味覚生理学や飼料学に大きく貢献するのみならず、家禽産業にも大きなメリットをもたらすことができると考えている。

### 3. 研究の方法

#### (1) ニワトリ脂肪酸受容体 GPR120 発現細胞を用いたカルシウムイメージング

我々はこれまでに、G protein-coupled receptor 120 (GPR120) がニワトリの口腔組織に存在する機能的な脂肪酸の味覚受容体であることを明らかにしている (Sawamura et al., BBRC, 458(2), 387-391, 2015)。本研究では既知の GPR120 アゴニストであるオレイン酸とリノール酸以外に、GPR120 を活性化できる脂肪酸が存在するかどうか、ヒト胎児腎由来細胞 (HEK293T 細胞) に一過的に GPR120 を発現させた細胞でカルシウムイメージングを行い検証した。具体的にはニワトリ飼料中によく含まれているアラキドン酸、エイコサペンタエン酸、ドコサヘキサエン酸に着目して解析した。

#### (2) 口腔組織における脂肪酸受容体の発現解析

油脂が味覚を介して受容されるならば、味細胞に脂肪酸受容体 GPR120 の発現が確認されると予想される。本研究ではニワトリ GPR120 を標識するウサギ抗ニワトリ GPR120 抗体を新たに作成し、ニワトリの味蕾が存在する口蓋及び口腔底における発現を免疫組織化学により検証した。

#### (3) 短時間摂取試験による脂肪酸溶液の嗜好性試験

実際にニワトリが脂肪酸に対して嗜好性を示すかどうかについては行動学的に解析する必要がある。本研究では消化吸収の影響が少ない 5 分間というタイムコースで脂肪酸溶液の摂取量を評価した。5 分間で飲水できるようにトレーニングしたニワトリヒナに対し、GPR120 アゴニストであるオレイン酸溶液を呈示し、飲水量を測定した。

#### (4) オレイン酸溶液を用いた味覚嫌悪学習試験

味覚を介して脂肪酸を受容していることを明確に示すには味覚嫌悪学習試験での検証が有用である。ニワトリにオレイン酸溶液を飲ませた直後に腹腔内に塩化リチウム溶液を投与し、オレイン酸の摂取と内臓不快感を連合学習させる条件付けを行った。コントロール群には塩化リチウムの代わりに生理食塩水を投与した。条件付けの数日後に再度オレイン酸溶液を摂取させ、その摂取量を塩化リチウム群とコントロール群で比較した。

また、脂肪酸溶液は粘性を持つため、粘度に対して嗜好性を示す可能性が考えられる。そこで、脂肪酸ではないが同等の粘性を持つキサンタンガム溶液を用いて味覚嫌悪学習が成立するか合わせて検証した。

### 4. 研究成果

#### (1) ニワトリ GPR120 の新規アゴニストを同定した

ニワトリ GPR120 発現細胞にアラキドン酸、エイコサペンタエン酸、またはドコサヘキサエン酸を負荷したところ、いずれの脂肪酸においても濃度依存的に細胞内カルシウムイオンを増大させた。一方で GPR120 を発現せず空ベクターを導入した mock 細胞ではそのような変化は観察されなかった。したがって、それらの脂肪酸はニワトリ GPR120 を活性化する脂肪酸であることが明らかとなった (data not shown)。

#### (2) ニワトリ味細胞に GPR120 が発現していた

抗ニワトリ GPR120 抗体を用いてニワトリ味蕾の免疫組織化学染色を行ったところ、味蕾の存

在する口蓋および口腔底の両方で GPR120 陽性細胞が存在することがわかった( data not shown )。これらの結果より、ニワトリ口腔組織に脂肪酸を感知する味覚受容体が発現していることが示された。

(3) ニワトリはオレイン酸溶液を積極的に摂取しなかった

5分間の短時間摂取試験において、ニワトリ GPR120 を活性化するオレイン酸溶液の摂取量は、コントロール溶液(溶媒)と比較していずれの濃度でも差が見られなかった。したがって、ニワトリは哺乳類のように脂肪酸溶液に対して顕著な嗜好性を示す動物ではないと推察された (Kawabata F et al., Poultry Science, 100(1), 372-376, 2021)。

(4) オレイン酸溶液で味覚嫌悪学習が成立した

オレイン酸溶液で条件付けされたニワトリは、オレイン酸溶液に対して忌避行動を示した。この結果からオレイン酸溶液に対して味覚嫌悪学習が成立することがわかり、オレイン酸を味覚で感じていることが示唆された。また、キサンタンガム溶液については味覚嫌悪学習が成立しなかったことから、ニワトリは脂肪酸溶液の粘性を感知しているのではないと推察された (Kawabata F et al., Poultry Science, 100(1), 372-376, 2021)。

以上の結果より、ニワトリは脂肪酸を味細胞に発現する GPR120 を介して受容し、味覚として感知していることが示唆された。一方で哺乳類のように顕著に脂肪酸溶液に対して嗜好性は示さないことがわかった。ニワトリ口腔組織にはリパーゼが存在するため( Kawabata Y et al. BBRC, 495(1), 131-135, 2018 )、口から摂取した油脂は口腔リパーゼで脂肪酸に分解され、その脂肪酸が味細胞の GPR120 を活性化することで脂肪味を感じていると考えられた。これらの研究により、末梢におけるニワトリの油脂の味覚受容機構の全体像を俯瞰的に捉えることができた。ニワトリはコーン油を餌に添加すると積極的に摂取することから (Sawamura R et al., BBRC, 458(2), 387-391, 2015 )、脂肪酸溶液と餌への油脂添加では嗜好性が異なると考えられた。今後は、味細胞から味神経への情報伝達機構や脳内での味覚伝導路の解明が待たれる。また、GPR120 を標的とすることで、ニワトリの食行動を調節する技術の開発につながると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kawabata Fuminori, Yoshida Yuta, Inoue Yuki, Kawabata Yuko, Nishimura Shotaro, Tabata Shoji	4. 巻 100
2. 論文標題 Research Note: Behavioral preference and conditioned taste aversion to oleic acid solution in chickens	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Poultry Science	6. 最初と最後の頁 372~376
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.psj.2020.10.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 川端 二功	4. 巻 28
2. 論文標題 総説 2020 年度日本味と匂学会研究奨励賞受賞記念（味部門）ニワトリの味覚受容体及びTRP チャネルの機能と食行動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本味と匂学会誌	6. 最初と最後の頁 3~10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18965/tasteandsmell.28.1_3	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Fuminori Kawabata, Yuko Kawabata, Yuta Yoshida, Hikaru Omori, Momoko Higashida, Bapon Dey, Ruojun Liang, Kana Murayama, Yui Hayase, Masashi Araki, Shotaro Nishimura, Liu Hong-Xiang, Shoji Tabata.
2. 発表標題 Taste receptors and taste behaviors in chickens.
3. 学会等名 THE 48th NAITO CONFERENCE on Integrated Sensory Sciences-Pain, Itch, Smell and Taste.（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川端二功, 久場星河, 吉田悠太, 川端由子, 西村正太郎, 田畑正志
2. 発表標題 ニワトリ脂肪酸受容体GPR120の新規アゴニストの同定
3. 学会等名 第13回日本暖地畜産学会 沖縄大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川端二功
2. 発表標題 < 2020年度日本味と匂学会研究奨励賞受賞講演 > トウガラシの研究からニワトリの味覚・体性感覚研究へ
3. 学会等名 日本味と匂学会第54回大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	川端 二功  (Kawabata Fuminori)  (40633342)	弘前大学・農学生命科学部・准教授   (11101)	
研究分担者	吉田 悠太  (Yoshida Yuta)  (00875023)	茨城大学・農学部・助教   (12101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------