

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：34605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350165

研究課題名(和文) 食嗜好形成に重要な幼児期のフレーバー学習の特性とその脳機序に関する研究

研究課題名(英文) Characteristics of flavor learning in infants and its importance in food preference behavior

研究代表者

山本 隆 (Yamamoto, Takashi)

畿央大学・健康科学部・教授

研究者番号：60028793

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：うま味に富む食物はおいしさと共に特有の匂いを持つ。幼児期の食経験によりその特有の匂いが克服可能かを調べるため、離乳直後のラットにつき、フレーバー嗜好学習(CFP)獲得の有無を調べた。うま味溶液にはグルタミン酸ナトリウム(MSG)、イノシン酸ナトリウム(IMP)そしてMSGとIMPの混合液を用い、グレープあるいはチェリーの香りをつけ、同じ香りづけをした水を対照群として比較したところ、MSGやIMPの単独溶液と連合した香りには嗜好性を示さなかったが、混合液と連合した香りを好み、その嗜好性は大人(20週齢)になるまで持続した。本研究結果から、幼児期の学習が成長後の食行動に影響することが示された。

研究成果の概要(英文)：Umami-rich foods are often accompanied by characteristic odors. Early experience to these foods may be needed to get used to them. To address this notion scientifically, weanling rats were used for the conditioned flavor preference (CFP) paradigm. In the acquisition session, they consumed water with a flavor (cherry or grape) and either one of the umami substances (0.05M MSG, 0.01M IMP or a mixture of 0.05M MSG and 0.01M IMP) with another flavor (grape or cherry). The weanling rats failed to acquire flavor preferences when either MSG or IMP was paired. When the mixture was used, they acquired CFPs which maintained to adulthood at the age of 20 weeks. Synergistically increased umami taste may be responsible for this long-lasting CFP. The present findings may be applicable to humans such that early exposure to foods with synergy of umami is important in later preferences for flavors of the umami-rich foods.

研究分野：食行動

キーワード：離乳期 フレーバー 味覚 嗅覚 うま味 嗜好学習 記憶

### 1. 研究開始当初の背景

我々は、幼若期の食経験が成長後の食行動にいかに関与を及ぼすかに関心を持ち、条件付けフレーバー嗜好 (フレーバー嗜好学習、conditioned flavor preference, CFP) を用いた研究を進めている。この学習は、快感を呈する味刺激 (無条件刺激、unconditioned stimulus, US) と連合した香り (フレーバー) (条件刺激、conditioned stimulus, CS) を好ましく思うようになる学習ととらえることができる。そのための動物モデル実験として、離乳直後 (3 週齢) の幼若ラットを用い、これまでの研究では、甘くておいしいショ糖溶液と連合した香りに対してフレーバー嗜好学習を獲得し、その学習が成長後も保持することを報告した。離乳期ラットを用いての研究成果は十分になされているとはいえず、また、数多くの研究がなされている成熟ラットでの結果と異なる特徴的な性質を持つことも明らかにされつつある。

### 2. 研究の目的

うま味に富む食物 (食品) は世界中で長い間そのおいしさのために嗜好されてきた。ただし、問題点として、うま味食品はその土地独特の食材や、発酵技術など食文化と関連することもあり、おいしさとは別に特有の匂いを有するという特徴があり、食べ慣れていない子供や食文化の異なる人からは敬遠される要素も持っている。この克服のためには、幼児期に経験を重ね、その特有の匂いに嗜好性を抱かせることが必要である。この点を科学的に検証するため、離乳直後 (3 週齢) のラットを用いて、フレーバー嗜好学習が獲得されるか否かを調べた。

### 3. 研究の方法

(1) 実験には、Wistar 系雄性ラット (3 週齢) を用い、エサと水は自由に与えた。実験は、フレーバー学習を獲得させる学習期、学習成果の有無を確認するためのテスト期、そして、2 ピン法による嗜好性選択実験から構成され

る。

(2) 測定期間中は、前日の 18 時から翌日の 10 時までの 16 時間は絶水条件下におき、先ず、1 日 15 分間、飼料を取り除いた状態で 6 日間連続の学習獲得操作、その後 4 日間のテスト、2 日間の嗜好性の選択実験を行った。

(3) 学習期では、グレープとチェリーの 2 種類の香りを条件刺激 (CS) として用いるが、うま味溶液と連合した香りを CS+ とする。条件刺激を行わないもう一方の香りは、コントロールとして CS- とする。従ってうま味 (umami) 溶液を学習させる香りの水は、CS+U と表し、コントロールの香りをつけた水は CS-W と表すことができる。ラットを 2 群に分け、奇数日の A 群には、種々のうま味溶液にグレープの香りづけをした溶液、すなわち CS+U を与え、B 群のラットには水 (蒸留水) にグレープの香りづけをした溶液 CS-W を与えた。偶数日には、香りをチェリーに変え、B 群のラットにはうま味溶液にチェリーの香りづけをした溶液 CS+U を与え、A 群のラットには水 (蒸留水) にチェリーの香りづけをした溶液 CS-W を与えた。このように、ラットには交互に CS+U と CS-W を提示し、6 日間与えた。すなわち A 群はグレープの香りを学習し、B 群はチェリーの香りを学習することが期待される。

うま味溶液としては、0.05M 及び 0.1M グルタミン酸ナトリウム (MSG)、0.01M イノシン酸ナトリウム (IMP)、0.05M MSG と 0.01M IMP の混合溶液を用いた。

(4) テスト期では、うま味溶液と連合した CS+ の香りを嗜好するか否かを調べるために、水にそれぞれの香りづけをし、テストを行った。すなわち、うま味溶液と連合した香りの水 (すなわち CS+W) と水と連合した香りの水 (CS-W) を同時に 2 本与えて選択させ

る 2 ピン法を用い、4 日間の摂取量を測定した。位置に対する嗜好性が出ないように、1 日毎に左右のピンの位置を入れ換えた。

(5) 嗜好性の選択実験では、うま味に対する嗜好性を調べるために、うま味溶液と水の 2 ピン選択法を使って、嗜好性のテストを行った。

なお、本実験を進めるにあたり、畿央大学動物委員会の承認を受けている。

#### 4. 研究成果

(1) 3 週齢ラットにうま味溶液のいずれかをを用いて学習させた後のテスト期の結果。

以下に示す図では、学習をした香りの水すなわち CS+W は青色の棒で示し、学習をさせなかった香りの水 CS-W は白の棒で示している。

0.05M と 0.1M グルタミン酸ナトリウム (MSG), 0.01M イノシン酸ナトリウム (IMP) を US として用いたとき、CS+と CS-の香りで平均摂取量に有意な差は認められなかったが、0.05M MSG と 0.01M IMP の混合溶液では、学習をさせなかった香りの水 CS-W に比べて学習をした香りの水すなわち CS+W を有意に ( $P < 0.05$ ) 好み、嗜好学習が獲得された(図 1)。

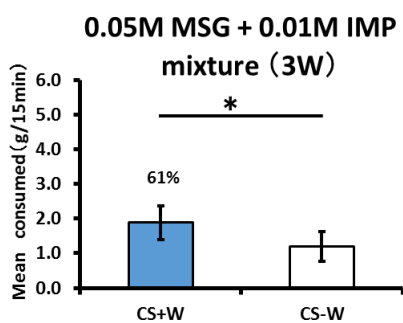


図 1

(2) 2 ピン法による嗜好性。

3 週齢ラットに 0.05M 及び 0.1M グルタミン酸ナトリウム (MSG), 0.01M イノシン酸ナトリウム (IMP), 0.05M MSG と 0.01M IMP の

混合溶液のいずれかと水を 2 ピン法で提示し、嗜好性を調べた結果、すべてのうま味溶液は水に比べて有意に好まれることがわかった。

(3) 20 週齢まで成長させた後のフレーバータスト。

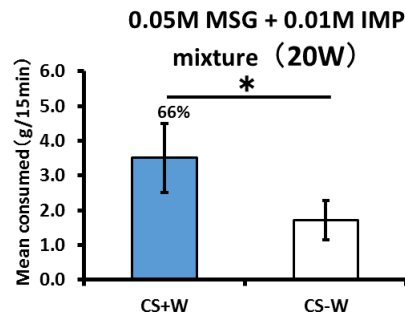


図 2

前述の 0.05M MSG と 0.01M IMP の混合溶液でフレーバータスト嗜好学習を獲得したラットを young adult と考えられる 20 週齢まで成長させた後のテスト期の結果を図 2 に示す。3 週齢の結果と同様に、嗜好学習を保持していることがわかる ( $P < 0.05$ )。成熟期まで学習効果は持続するものと考えられる。

(4) 胃内投与による学習結果。

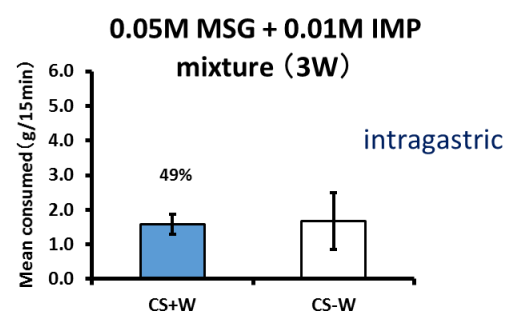


図 3

幼弱ラットがうま味の混合液を摂取したとき、口腔での味覚的なおいしさによりフレーバータスト嗜好学習が獲得されたのか、摂取後の消化管での作用の結果獲得されたのかを検討するため、混合液を胃内投与した。まず、15 分間香りの水を提示した後、カニューレでうま味混合溶液を胃に注入し、学習獲得操作

を行った。このように味覚刺激なしで直接消化管に投与した場合、図3に示すように、両フレーバー間で有意な差が認められず、学習を獲得できないことが示された。

(5) 幼若ラットはいずれのうま味に対しても味の嗜好性を示すが、フレーバー嗜好学習はうま味の混合溶液と連合した香りについてのみ獲得することが示された。この結果からグルタミン酸とイノシン酸の両者を組み合わせることで生じるうま味の相乗効果が今回の学習に効果的であったと推察される。また、この学習効果は20週齢においても記憶していたことから、相乗効果によるうま味の快感は、そのとき連合された香りを成熟後も嗜好させるほど強いものであることが示唆される。

山本らの先行研究では、うま味の相乗効果は消化管受容体では生じないとされており、本研究でもカニニューレを用いて胃に直接うま味混合溶液を注入する方法では学習を獲得しなかったことから、幼若期におけるうま味による学習獲得には、摂取後の効果よりも口腔内の刺激が必要であることが示唆された。

(6) 以上のことから、生後の早い時期にしっかりとうま味を味わい経験することは成長後の食行動に重要な影響を及ぼすものと考えられる。

また、この結果がヒトにも適応できるとすれば、奇異な香りを有する食べ物であっても、幼児期に相乗的なおいしい味覚と連合されれば、その香りの嗜好性が高まり、大人になってもそれが維持されるため、好き嫌いのない食生活が促進されるものと思われる。

#### <引用文献>

Yamamoto, T. and Ueji, K. Brain mechanisms of flavor learning. *Front.*

*Syst. Neurosci.* 5: 76, 2011.

Ueji, K and Yamamoto, T. Flavor learning in weanling rats and its retention. *Physiol Behav.* 106: 417-422, 2012.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

Ueji, K., Minematsu, Y., Takeshita, D. and Yamamoto, T. Saccharin taste conditions flavor preference in weanling rats. *Chem. Senses* 41: 135-141, 2016. 査読有

Tsuji, T., Tanaka, S., Kida, K., Bakhshishayan, S., Kogo, M. and Yamamoto, T. Disrupted normal ingestion during glucose intake modulates glucose kinetics in humans. *SpringerPlus* 4: 621, 2015. 査読有

Ushimura, A., Tsuji, T., Tanaka, S., Kogo, M. and Yamamoto, T. Neuropeptide-Y modulates eating patterns and masticatory muscle activity in rats. *Behav. Brain Res.* 278: 520-526, 2015. 査読有

Yamamoto, T., Inui, T. and Tsuji, T. The odor of osmanthus fragrans attenuates food intake. *Sci. Rep.* 3: 518, 2013. 査読有

[学会発表](計5件)

Yamamoto, T., Ueji, K. and Minematsu, Y. Reduction of food intake and body weight by the odor of Osmanthus fragrans. The 12<sup>th</sup> Asian Congress of Nutrition. Pacifico Yokohama. May 14-18, 2015.

Ueji, K. and Yamamoto, T. Various food stuffs interact with umami substances.

The 12<sup>th</sup> Asian Congress of Nutrition.  
Pacifico Yokohama. May 14-18, 2015.

上地加容子、山本 隆、コハク酸のうま味によるおいしさの増強効果についての検討、第 62 回日本栄養改善学会学術総会、福岡国際会議場、2015 年 6 月 25 日

上地加容子、山本 隆、幼弱ラットと成熟ラットにおける高濃度甘味溶液に対する嗜好性の獲得について、第 68 回日本栄養・食糧学会大会、札幌市教育文化会館、2014 年 5 月 30 日

上地加容子、山本 隆、幼若ラットにおけるサッカリンを用いたフレーバー学習について、第 48 回日本味と匂学会大会、静岡市清水文化会館マリナート、2014 年 10 月 2 日

## 6 . 研究組織

山本 隆 (YAMAMOTO, Takashi )

畿央大学・健康科学部・教授

研究者番号： 6 0 0 2 8 7 9 3

## (2)研究分担者

上地加容子 (UEJI Kayoko)

畿央大学・健康科学部・教授

研究者番号： 5 0 3 9 0 2 0 8