

# 学 位 論 文 の 要 旨

## 論文題目

視覚，味覚，触覚による食物への認知と生体の生理的・心理的反応に関する研究

HD14E001 鈴木麻希

## 目的と論文の構成

世界的に肥満が増加しているが、日本においても、成人男性の約3割、成人女性の約2割が肥満である。肥満は、2型糖尿病、脂質異常症、高血圧などの疾患のリスクを高めるため、その予防が重要であり、日常的なエネルギー収支のバランスを適正な範囲に保持することが望ましい。しかし、私たちが美味しいと感じる、嗜好性が高い食物は概して高エネルギーであるため、食物へのアクセシビリティが良好な社会環境で食欲の赴くまま食事をしていると過栄養につながりやすい。そのため、摂取エネルギーを適正な範囲に保ちながらも、おいしさや満足感を損なわない食べ方を探求し、社会に提案していくための研究が求められている。

過栄養の一方で、低栄養の問題も生じている。高齢者では、消化管運動の低下に伴う食欲不振などの高齢者特有の要因によって低栄養に陥りやすいことが知られており、日本では65歳以上高齢者の2割弱が低栄養状態にあることが報告されている。高齢者の低栄養は、入院日数の長期化、身体機能、認知機能の低下等と関連しており、身体的、精神的、社会的フレイルティから要介護状態へと結びつきやすいために、その予防が喫緊の課題となっている。そのため、食欲不振を有する高齢者であっても、食事の美味しさや満足感を感じながら、無理なく必要なエネルギーを確保できる食べ方を検討し提案していくことも、高齢者のQOLを維持・向上するうえで重要であると考えられる。

以上に述べた背景より、ヒトの食欲を高めたり低下させたりするのはどのような感覚と結びついているのか、満腹感・満足感を得られたり食後の体温を上昇させるのは、どのような感覚が刺激された時なのか、といったことを明らかにし、食事の美味しさや満足感を損なわない食べ方を提案するための知見を得ることを最終目的として、食にまつわる感覚とその後の生理的・心理的反応に着目した研究を行うこととした。一般的に、摂食者は、視覚、味覚、触覚、嗅覚および聴覚の五感から得た複数の情報を統合して食物を認知しており、どのように認知が行われるかが摂食者の食欲や食後反応に大きな影響を及ぼす。そこで、この五感のうち、栄養生理学実験室での検証が可能であった、視覚、味覚および触覚（口中感覚）の3つの感覚に関する研究を行った。

まず視覚に関しては、一般的に赤色や黄色などの暖色系食品の嗜好性が高く、青色の寒色系食品の嗜好性が低いことが知られている。そこで研究1では、食物の色が、摂食者の食べる意欲や食欲感覚、および体温などの生理指標を変化させるかどうかを明らかにするための研究を行った。

次に味覚に関しては、新規人工甘味料が砂糖の代替品として普及し、エネルギー摂取量の抑制や減量などの効果が期待される一方で、人工甘味料の摂取が食欲や衝動的な摂食を増加させる可能性も報告されている。そこで研究2では、エネルギーを有さない人工甘味料（スクラロース）の摂取が食欲感覚や胃運動に及ぼす影響を明らかにするために、天然甘味料（スクロース）の摂取との比較研究を行った。

さらに触覚に関しては、口腔内にピリピリ・シュワシュワとした触感を与える炭酸水を摂取すると、水を摂取するよりも胃運動が強まり、満腹感を感じやすいことが報告されている。この反応は、口腔刺激と胃膨張の両者によりもたらされるが、口腔刺激単独での効果は不明であった。そこで研究3では、炭酸水摂取後の食欲感覚と胃運動の変化が、炭酸水の口腔刺激（触感）のみでも起こるのかどうかを明らかにするために、水を対照とした偽飲（sham-feeding）試験を行った。

## 研究1：視覚による食物の認知と食欲感覚，体温に関する研究

－食品の色は，若年女性の温スープへの受容性と摂取後の満足感，末梢体温を変化させる－

### 【目的】

食事に異なる照明色を照射すると，摂食者の食べる意欲や実際の摂食量が変化することが知られているが<sup>1)</sup>，食品そのものの色の違いの影響を調べた報告は少ない。本研究では，食品そのものの色の違いが，摂食者の視覚的印象と受容性，食べる意欲，食欲感覚，および食後体温を変化させるかどうかを明らかにするために，色の異なる3種類のスープサンプルを用いた比較試験を行った。

### 【方法】

実験デザイン：ランダム化クロスオーバー試験（3試行）

被験者：健常な若年女性12名（組み入れ条件：非肥満，非喫煙者）

試験サンプル：原材料，味が等しく等温，等量（65°C，167 g）の白色，黄色，青色のポタージュスープをサンプルとし，蓋付きの白い陶磁器製のスープカップに入れて供した。

実験プロトコル：サンプルのいずれかを異なる日の朝9時に，前夜22時より絶食した被験者に負荷した。鼓膜近似温と足先温は，サンプル摂取20分前から摂取60分後まで連続測定した。試験サンプルの印象は，摂取意欲を試験サンプル摂取前に，視覚的印象（美味しさ，温かみ）と受容性（快さ，不安感）を試験サンプル摂取前後に測定した。食欲感覚（空腹感，満足感）と温度感覚（体全体，足先）はサンプル摂取前，摂取直後（0分後），30分後，60分後に自己記入してもらった。

### 【結果】

青色スープは黄色，白色スープに比べて，摂取前の摂取意欲スコア，摂取前後の美味しさ，温かみ，快さの各スコアが有意に低く，摂取前後の不安感スコアは有意に高かった。青色スープは，黄色，白色スープよりも摂取後の満足感スコアが有意に低く，温度感覚（体全体）スコアは低い傾向が認められた。黄色スープ摂取直後から25分後に足先温の有意な上昇がみられた一方で，白色スープ摂取50-60分後，青色スープ摂取40-60分後に足先温の有意な低下が認められた。

### 【考察】

黄色は，食べる意欲や摂取後の満足感，足先温を高める作用がみられた。一方青色は，これらの指標に抑制的に作用した。これまでに，食品の美味しさは摂取後の満足感や血流量，皮膚温の上昇に関与することが報告されていることから，黄色スープ摂取後の満足感や足先温上昇には，スープの美味しさが影響したと考えられた。また，青色スープでは，不安感スコアが高値を示しており，青色スープへの新規性恐怖が生じ，このことが満足感の低下に繋がった可能性が考えられる。

### 【結論】

食品の色は，摂食者の食べる意欲，摂取後の満足感や末梢体温を変化させることが，スープをサンプルとした試験において示唆された。

## 研究2：味覚による食物の認知と食欲感覚，胃運動に関する研究

### －エネルギーを有さない人工甘味溶液摂取後の食欲感覚と胃運動； 等甘味度天然甘味料溶液との比較－

#### 【目的】

近年，健康志向の高まりなどを背景に，砂糖代替品として新規の人工甘味料が開発されている。なかでもスクラロースは，砂糖に近い味質を持つ0 kcalの高甘味度甘味料で，食品加工上の用途も広い。スクラロースとスクラロースはともに，甘味受容体T1R2/T1R3に結合し，甘味シグナルが感覚神経を介して脳に伝達され，糖が体内に入ってきたと認識される。しかし，摂取後の食欲の変化等などの不明な点も多い。

本研究では，「同程度の甘味を有する溶液であってもエネルギーの有無により，摂取後の食欲感覚や，関連する生理指標として胃運動，心拍数，体温が異なる」との仮説を立て，この仮説の検証を目的として，等温・等量・等甘味度のスクラロース溶液とスクラロース溶液，コントロール（軟水）をサンプルとした比較試験を行った。

#### 【方法】

実験デザイン：ランダム化クロスオーバー試験（3試行）

被験者：健康な若年女性12名（組み入れ条件：非肥満，非喫煙者）

試験サンプル：10%濃度のスクラロース溶液（60 kcal），同等の甘味の0.028%スクラロース溶液（0 kcal），軟水ミネラルウォーターを試験サンプルとした（15°C，150 mL）。

実験プロトコル：サンプルのいずれかを異なる日の朝9時に，前夜22時より絶食した被験者に負荷した。30 mLずつ分注したサンプルを口に含み口腔内に十分に行き渡らせてから飲み込む方法で甘味刺激を5回繰り返し，0・1・5杯目の甘味の感じ方を調べた。胃電図，心電図（心拍数），体温は，サンプル摂取20分前から摂取65分後まで測定し，食欲感覚（空腹感，満腹感，予想食事量，満足感）は15分毎に自己記入してもらった。

#### 【結果】

少量ずつ口腔内を刺激しながら摂取した2つの等甘味溶液（各150 mL）は，いずれもエネルギーの有無に関わらず一過性に摂取直後の食欲を減弱させ，この反応はスクラロース溶液でより顕著に認められた。溶液の甘味を強く感じるほど，一定時間後の食欲（予想食事量）が高まった。胃運動指標のうち，正常波ピーク周波数はスクラロース溶液とスクラロース溶液で異なる経時変化が認められた。すなわち，スクラロース溶液摂取後は一過性に増加したのち低下に転じるという変化を示したのに対し，スクラロース溶液摂取後は摂取後に低下しなかった。試験サンプル摂取後の心拍数上昇は，エネルギーを有するスクラロース溶液でのみ認められた。

#### 【考察】

胃への直接投与試験<sup>2)</sup>，脳内情報処理の既報と本研究の結果より，口腔内での甘味受容は，体内に糖が入ってきたことの一次的な検知の役割があり，食欲感覚を変化させるが，スクラロースのようにエネルギーを有さない甘味物質は，胃以降の消化管に存在する甘味受容体や脳内情報処理において，エネルギーやグルコース感受性を有さない物質であることが検知され，消化管ホルモンの分泌が一時的，あるいは分泌が起こらないのかもしれない。溶液の甘味を強く感じるほど一定時間後の食欲が高まった結果については，内因性カンナビノイド（食欲促進物質）による甘味感受性の増大と甘味嗜好性の増強効果が関連している可能性が考えられる。また，スクラロース溶液では，スクラロース溶液摂取後のような深部体温や心拍数上昇は見られなかった。これは，スクラロースが人体で利用できるエネルギー基質を含まないため，誘発性熱産生が起こらなかったことによると考えられる。

#### 【結論】

スクラロースは心拍数や体温は上昇させないが，一過性に食欲を抑制し，異なる胃運動を示すことが，スクラロースとの比較において示唆された。

### 研究3：触覚（口中感覚）による食物の認知と食欲感覚，胃運動に関する研究 －炭酸水の口腔刺激がヒトの食欲感覚と胃運動に及ぼす影響－

#### 【目的】

炭酸水は、水に二酸化炭素を溶解したエネルギーを含まない飲料である。その独特な口腔刺激と清涼感、止渴作用が好まれ、広く飲用されている。我々はこれまでに、炭酸水飲水が満腹感を増大させることや、満腹感増大には胃運動や交感神経活動の相対的亢進が関与することを示唆する知見を報告している<sup>3)</sup>。しかし、炭酸水による口腔刺激のみの効果は不明であった。

そこで本研究では、炭酸水摂取後の生体反応を口腔刺激と胃内刺激の各フェーズを分離定量することを目的として、偽飲（sham-feeding:SF）による試験を行った。

#### 【方法】

実験デザイン：ランダム化クロスオーバー試験（4試行）

被験者：健常な若年女性13名（組み入れ条件：非肥満，非喫煙者）

試験サンプル：ミネラルウォーターおよび同じミネラルウォーターを用いて製造されたスパークリングウォーターを試験サンプルとした（15°C，250 mL）。

実験プロトコル：サンプルのいずれかを異なる日の朝9時に、前夜22時より絶食した被験者に負荷した。胃電図はサンプル負荷20分前から負荷40分後まで測定した。食欲感覚（空腹感，満腹感，予想食事量，満足感）はサンプル負荷前，負荷直後，および負荷後10分間隔に自己記入してもらった。

#### 【結果】

炭酸水の飲水，SFとともに，負荷後の食欲を一過性に抑制した。胃運動パワーは，飲水では水，炭酸水ともに増大し，SFでは水，炭酸水ともに変化しなかった。胃運動正常波ピーク周波数は，炭酸水の飲水で高値，SFで低値にシフトした一方，水の飲水で低値，SFで高値にシフトした。

#### 【考察】

炭酸水飲用後の食欲感覚の変化は，口腔刺激，すなわち脳相フェーズ（cephalic phase）のみでも起こることが示唆された。また炭酸水において，口腔刺激のみでは胃運動正常波ピーク周波数が低値にシフトし，飲水すると高値にシフトするという，水とは逆の反応が示された。炭酸水は苦味を有しているが，苦味のSFに対しては胃排出が遅くなることが報告されており，炭酸水の味刺激が，胃運動を遅くする方向に働いたことが示唆された。炭酸水の味刺激は胃運動を遅くしたが，実際の飲水では炭酸による胃容積増大が胃運動を変化させる作用のほうが味の影響を凌駕しているために，結果として周波数の高値へのシフトが起こったものと考えられる。

#### 【結論】

炭酸水飲水後の満腹感増大と空腹感軽減の作用の一部は，口腔刺激由来であることが示唆された。胃運動の出現頻度は炭酸水の飲水と偽飲，水の飲水と偽飲では逆の反応がみられたことから，炭酸水が胃内に入ることにより胃運動に特有の挙動をもたらす可能性が示された。

## 結論

本研究では、視覚や味覚、触覚による食物の認知が、摂食者の食欲をどのように修飾するのかを探求することを目的とし、視覚や味覚、触覚からの情報が異なるように設定した試験サンプルを用いた検証を行った。

その結果、1) 食物の視覚情報（色）は、摂食者の食べる意欲、摂取後の食欲感覚や体温を変化させること、2) エネルギーを有さない人工甘味料の摂取は心拍数や体温を上昇させないが、一過性に食欲を抑制し、エネルギーを有するスクロースとは異なる胃運動を示すこと、3) 炭酸水飲水による食欲軽減の作用の一部は口腔刺激由来であり、触覚（口中感覚）のみでも食欲感覚が変化することが示唆された。

以上のことから、視覚、味覚および触覚（口中感覚）を介した食物の認知は、食欲感覚を変化させるのみでなく、食後の生理的応答（胃運動や心拍の応答、体温等）にも影響することが示唆された。本研究で得られた知見が、肥満・過体重者や高齢者における過栄養、低栄養を予防するための食事や栄養教育に応用されることが期待される。

## 引用文献

- 1) Hasenbeck A, Cho S, Meullenet JF, Tokar T, Yang F, Huddleston EA, Seo HS: Color and illuminance level of lighting can modulate willingness to eat bell peppers. *J Sci Food Agric* 94: 2049-2056, 2014
- 2) Steinert RE, Frey F, Töpfer A, Drewe J, Beglinger C: Effects of carbohydrate sugars and artificial sweeteners on appetite and the secretion of gastrointestinal satiety peptides. *Br J Nutr* 105: 1320-1328, 2011
- 3) Wakisaka S, Nagai H, Mura E, Matsumoto T, Moritani T, Nagai N: The effect of carbonated water upon gastric and cardiac activities and fullness in healthy young women. *J Nutr Sci Vitaminol* 58: 333-338, 2012

## 参考論文

- 1) Suzuki M, Kimura R, Kido Y, Inoue T, Moritani T, Nagai N: Color of hot soup modulates postprandial satiety, thermal sensation, and body temperature in young women. *Appetite* (accepted)
- 2) 鈴木麻希, 泉杏奈, 村絵美, 林育代, 森谷敏夫, 永井成美: エネルギーを有さない人工甘味溶液摂取後の食欲感覚と胃運動—等甘味度天然甘味料溶液との比較—, *日本栄養・食糧学会誌* 69: 163-171, 2016
- 3) Suzuki M, Mura E, Taniguchi A, Moritani T, Narumi N: Oral carbonation attenuates feeling of hunger and gastric myoelectrical activity in young women. *J Nutr Sci Vitaminol* (accepted)
- 4) 鈴木麻希, 大竹恵子, 永井成美: HAQ-Cで評価した小学生の攻撃性と心臓自律神経活動, 食生活, 運動習慣の関連, *子どもの心とからだ* 25: 202-211, 2016
- 5) 高木絢加, 岸田菜々, 鈴木麻希, 武田一彦, 木村理恵, 永井成美: 温スープ摂取後の安堵感と体温上昇に及ぼすナトリウム・嗜好性の影響, *栄養学雑誌* 74: 165-173, 2016