ISSN 2186-5647

OS-4

食生活の安全　　【安全に関する本学部での研究とその将来】

食の安全と食品物理学

日大生産工　○小林　奈央樹

1. はじめに

おいしいものを安心安全に食べたいというのは誰しもが持つヒトの自然な欲求の一つではないだろうか。食品の「おいしさ」は何か一つの要因によって決まるものではなく，たとえば味など化学的な要因はもちろん，食感などの物理学的性質，さらには食品の外観や食の背景にある文化等の心理学・社会学的性質など，様々な要因が複合して，それぞれが関連しあって形成されるものである。それゆえに，おいしさの研究は本質的に学際的な性質を持つと考えられる。それと同時に，このような複雑な学問分野は手に負えない，定量的な研究など無理なのではないか，という印象も持たれるのではないだろうか。

一見すると複雑で手に負えないと思われる現象も，数学や物理学を用いてきちんと分類すると，その性質が見えてくることが多々ある。 たとえば，バクテリアやヒトの集団がどのような行動をとるのかなど，生態学や社会科学に分類されるような問題にも，物理学的なアプローチがとられている。そのような物理学のことを複雑系の物理学と呼ぶ [1]。

本講演では，食生活学，特に咀嚼・嚥下を取り上げ，その複雑系の物理学的な解析手法について最初に紹介をする。その上で，講演者らにより得られた成果がどのように社会に還元されるか，最近の研究や将来の展望について述べる。内閣府「高齢社会白書」によると，2013年10月1日現在，65歳以上の高齢者人口は3,190万人であり，全人口に対する割合を示す高齢化率は 25.1 %である。今後も少子高齢化が進み，2030 年には高齢化率が 30 %を超えると予想されている。加齢に伴う咀嚼・嚥下機能の低下などの問題により，誤嚥性肺炎といった重篤な病を引き起こされるなど，それらへの対策が必要になってくるだろう。そのような社会状況において，冒頭に触れた「おいしさ」研究は，高齢者等の生活の質（QOL）とも関連し，ますますその研究ニーズが増すと考えられる。

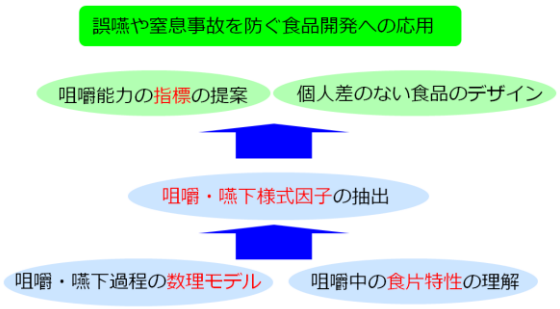

図1. 研究のイメージ

2. 摂食の科学

咀嚼・嚥下過程とは，食品を認知し，口腔内へ取り込んでから食塊を形成し，嚥下されるまでに起こる全ての過程として定義される [2]。この中で食塊は歯によって破壊された食片群と口腔内で分泌される唾液等の凝集物であり,これが咀嚼・嚥下過程の中でどのように形成されるのか，またその材料的な性質はどのようなものか研究することはヒトの摂食機能の理解に欠かすことができない。

食品の材料的性質については，食品レオロジー [3] という一大分野が形成されており，様々な研究者によって活発に研究が行われている。しかしながら，上で挙げたような食塊の形成過程など食品の口腔内に取り込まれてからの動態については直接観察が難しいこともあり，基礎的な理解が得られているとは言いがたい状況であった。しかし1990年代になって，日本の研究者を中心に，X線造影法 [4]，超音波パルスドップラー法 [5] 等の食品科学への応用によって，直接観察やダイナミクスの研究が盛んに行われるようになった。さらに，1997年に Prinz-Lucas によって咀嚼・嚥下過

Nutritional Health and Food Physics

Naoki KOBAYASHI

程への数理モデルによるアプローチ [6] が行われたことにより,咀嚼・嚥下過程のダイナミクスの研究がますます盛んに行われるようになった。

3. 咀嚼食片の粒度分布

物理的な視点から考えると，第一近似として咀嚼は口腔内での食品と歯との衝突による連続破壊現象だとみなすことが出来る。破壊現象は典型的な非線形・非平衡開放系 [7] を参照）の現象であり，第一原理的な理論が存在しないため，マクロな構造を現象論的なアプローチで理解することが重要である。破壊現象を研究するさいに有用な方法として，破壊片の粒度特性を解析するものがある。そこで我々は，堅いが砕けやすい食品の典型例として生ニンジンを，ゲル状食品の典型例として魚肉ソーセージを試料として，被験者に指定回数咀嚼させた後に口腔内から食片を回収し，その粒度分布を画像処理によって解析した（図2)。その結果，咀嚼される食品の物性により，

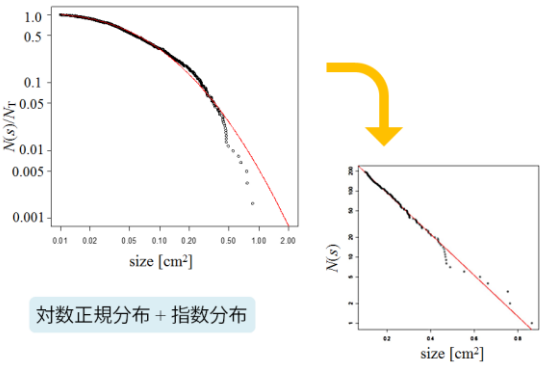

図2. 魚肉ソーセージを咀嚼したときの粒度分布

粒度分布が異なることが分かった[1, 8]。食品物性が咀嚼時の食品の破壊に影響を与えていることを示唆する結果である。

4. 食塊の物性評価

ヒトは固形食品を摂食する時には，口腔内で咀嚼された食片を集め，食塊を形成して嚥下を行う。誤嚥などのリスクを考えると，この食塊がバラバラにならないような安全な調理法や食べ方は存在するのであろうか，という問題を議論することは大変重要である。

そこで我々は食片粒度が食塊形成にどのような影響を及ぼすか調べるため，刻み食の咀嚼実験を行った [9]。その結果，不均一に刻まれたゲルが最も嚥下しやすいのに対し，等しい大きさに切った刻み食は嚥下しにくいことが分かった。

現在我々は任意の粒度分布からランダムなサイズの食片を生成し，そこから再構成された食塊（図3）を解析することで咀嚼・嚥下能力の定量化に向けた取り組みを行っている。それらについても講演で触れたい。

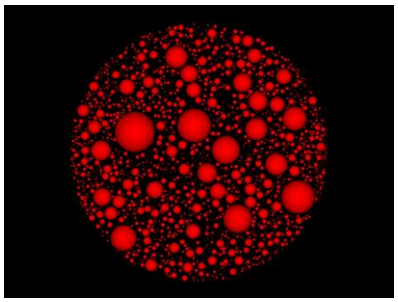

図3. 対数正規分布に従う食片から再構成された擬似的な食塊.

参考文献

[1] N. Kobayashi, H. Kuninaka, J. Wakita, and M. Matsushita, “Statistical Features of Complex Systems −Toward Establishing Sociological Physics -”, J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) 072001.

[2] 神山かおる，「テクスチャー解析によるおいしさの評価」，化学と生物 **47** (2009) 133-137.

[3] 西成勝好，「食とレオロジー」，日本レオロジー学会誌 **31** (2003) 41-50.

[4] E. Arai and E. Yamada, “Effect of the texture of food on the masticatory process”, Jpn. J. Oral. Biol. **35** (1993) 312-322.

[5] 中沢文子，大野真由子，盛田明子，高橋淳子，「嚥下した飯・かゆ・水の超音波による咽頭部の流速比較」，家政誌 **51** (2000) 1067-1071.

[6] J.F. Prinz and P.W. Lucas, “An optimization model for mastication and swallowing in mammals”, Proc. R. Soc. Lond. B **264** (1997) 1715-1721.

[7] 蔵本由紀，「非線形科学」(集英社, 2007).

[8] N. Kobayashi, K. Kohyama, K. Shiozawa, “Fragmentation of a Visco -elastic Food by Human Mastication”, J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) 074003.

[9] 北出晶美，小林奈央樹，森高初恵，「寒天ゲルの咀嚼回数と食片サイズの関係」，日本食品科学工学会誌 **60** (2013) 554-562.