

# 13. 食感性モデルによる品質評価と設計法 (その2) ～冷凍米飯の粘弾性計測と官能評価手法～

橋本 理帆\* Riho HASHIMOTO 相良 泰行\* Yasuyuki SAGARA

## 1. はじめに

本講座では食品感性工学に関連するテーマとして、これまでにヒトが感じる「おいしさ」を定量的に評価する機能を有する「食感性モデル」について解説し<sup>1)</sup>、次にこのモデルの有用性を実証するために、消費者の感性を考慮した緑茶飲料の設計手法とリンゴの非破壊テクスチャ評価システムについて紹介した<sup>2)</sup>。これに引き続き、本稿では常温および凍結保存した米飯の解凍後における物理化学的特性と官能評価スコアに関するデータセットから、最適な冷凍保存温度・期間の条件を探索した研究事例について解説する。ここに紹介する方法は消費者の嗜好特性を考慮した、すなわち消費者を起点とした新食品の開発や加工条件の最適化に有用であると考えられる。

具体的には、「食感性モデル」の食品属性として定義した「物理化学的特性」として、冷凍米飯の粘弾性特性などを計測し、また、ヒトの「感情(おいしさ)」を評価する方法として、一般成人および高齢者を対象とした官能評価試験を実施した。これらの計測・評価結果に、「感性変換モデル」として、ニューラルネットワーク(Artificial Neural Network: ANN)モデルを適用して、以下に示すような結果を得た。

- (1) 官能評価スコアより一般成人および高齢者の米飯に対する嗜好特性の相違を明らかにした。
- (2) 米飯の保存温度・時間データと官能評価により得られた「おいしさ」のスコアから最適な保存温度条件を明らかにした。
- (3) 前項と同様なデータから最適な保存温度条件は米

の品種により異なることを明らかにした。

(4) 粘弾性計測パラメータから一般成人および高齢者が感じる「おいしさ」をそれぞれ予測し、ANNモデルが米飯の機器測定データから両者が感じる「おいしさ」を予測するのに有用であることを示した。

本稿では冷凍米飯に関する生産と消費の現状および研究のニーズについて概観するとともに、上述した研究結果を得るのに必要な最初の手順として、主に機器計測および感応評価手法について解説する。また、次号以降にはこれらの計測・評価結果のデータセットにANNモデルを適用した結果について述べる。

## 2. 冷凍米飯の生産・消費・研究の現状

日本統計協会によると、平成12年の総人口に占める高齢者人口の割合は17.3%となっている(表1)<sup>3)</sup>。このような高齢化に加え、食の安全性への消費者意識の高まりに伴って、「おいしく簡単に食べられる健康で安全な食」の提供が急務となっている。とりわけ我々の主食である米飯に関しては、その簡便さと安全性確保から冷凍米飯が広く利用されており(表2)、平成14年には全加工

表1 総人口に占める高齢者(65歳以上)の割合

	総人口(万人)	65歳以上人口(万人)	総人口に占める割合(%)
昭和45年	10467	739	7.1
昭和50年	11194	887	7.9
昭和55年	11706	1065	9.1
昭和60年	12105	1247	10.3
平成2年	12361	1489	12.0
平成7年	12557	1826	14.5

表2 加工米飯の種類別生産量

(単位 t)

	平成6年	平成7年	平成8年	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年	平成14年
冷凍米飯	109594	128753	137809	141520	146155	177813	153240	161288	146075
無菌包装米飯	11035	17945	18781	27214	34787	53259	55615	58246	66316
レトルト米飯	21507	25341	21976	21190	21783	23795	22892	22834	21840
チルド米飯	3177	3591	5827	5217	5486	5573	7046	9794	6686
乾燥米飯	3444	4232	4326	4554	3743	4073	3512	4587	4907
缶詰米飯	1874	2907	1752	1586	1926	2099	1906	1973	1923
合計	150631	182769	190471	201281	213880	266612	244211	258723	247747

\* 東京大学 大学院農学生命科学研究科 農学国際専攻  
Dept. of Global Agricultural Sciences, Graduate School of Life and Agricultural Sciences, The University of Tokyo  
原稿受理 2004年2月16日

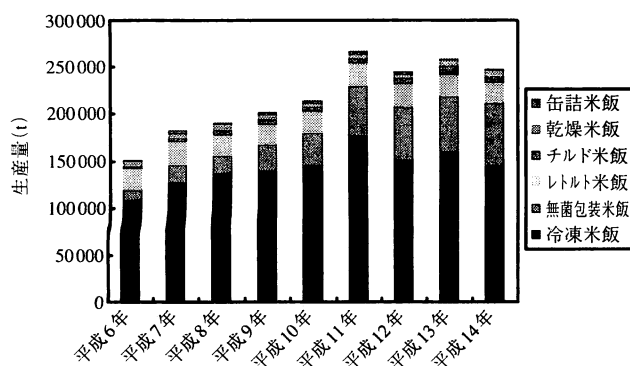


図1 加工米飯生産量に占める冷凍米飯の割合

米飯生産量の59%を占めるまでに至っている(図1)。

しかし、冷凍米飯の品質や食味に関する研究は、精白米に関する研究と比較して数少なく、たとえば米の品種<sup>4,5)</sup>・炊飯法<sup>6,7)</sup>・凍結法<sup>8)</sup>・貯蔵温度<sup>9)</sup>・解冻法<sup>10)</sup>などが米飯の物理的特性に及ぼす影響に関する報告がなされているが、冷凍米飯の加工・保存条件が物理化学的特性や「おいしさ」に与える影響については系統的に解明されていない現状にある。このために、たとえば高齢者を対象にした介護食弁当の主食として機能性冷凍米飯を採用しても、その食味がまずければ摂食を拒否され、また介護食弁当自体の消費が伸び悩む事態を招くことになりかねない。このように、冷凍米飯の「おいしさ」を定量的に把握して消費者の嗜好に合致した製品を設計・製造<sup>11,12)</sup>することや、食味を保持するための冷凍・保存温度条件を明らかにすることは重要な研究課題となっている。

### 3. 米飯の食味評価法

米飯の食味評価には、炊飯米をサンプルとした官能評価および食味に関連の深い物理化学的特性を機器計測・分析により評価する方法が行われている。物理化学的特性に基づく評価法の例としては、アミロースやタンパク質の測定、炊飯特性試験、糊化特性試験、米飯物性測定などが挙げられる<sup>21)</sup>。これらの特性の中でも、米飯の食味には、その「硬さ」や「粘り」のような粘弾性特性が強く影響することが指摘されており、その測定機器として、テクスチュロメータ、レオメータ、万能圧縮引張試験機およびテンシプレッサなどが広く使われている<sup>14,21-23)</sup>。しかし、これらの測定結果と米飯の総合的な「おいしさ」との関係は不明である。たとえばテクスチュロメータはその測定結果の波形からヒトが感じる「かたさ」「粘り」「割れやすさ」などを表示する機能を有しているが、これらのテクスチャに関するパラメータの計測結果と官能評価結果とは必ずしも一致しないことが知られている。すなわち機器計測の結果から官能評価スコ

アを正確に予測することは不可能な現状にある。

他方、米飯の成分および水分分布に関する研究例として、米粒内におけるデンプン、タンパク質および脂質などの分布を計測した結果や<sup>24)</sup>、米飯粒子内の水分分布をNMRマイクロイメージングを用いて3次的に可視化した研究が報告されている<sup>25,26)</sup>。NMRは液体または溶液状態で存在する化合物に含まれるプロトンを検出し、水、油、糖、アミノ酸、芳香族化合物の分布と性質をマッピングする機能を有している。特に水をマッピングすることによって、試料の組織の内部構造を非破壊的に計測できる特徴を有している<sup>6,27,28)</sup>。

しかし、米飯の食味に関する研究報告は、精白米を対象とした研究と比較して数少なく、米飯の口腔内における噛み心地であるテクスチャについても、その定量的知見は得られていない。また成分、デンプンの糊化度および水分分布など、米飯の物理化学的な定量的データを測定・報告した研究例も数少ない現状にある。

## 4. 研究の達成目標

本講座では、上述したような研究の現状にフレックスルーをもたらす方法として、「食感性モデリング」<sup>1)</sup>を提唱してきた。本稿で紹介する研究例も「食感性モデリング」のアイデアを具体的に展開し、その有用性を実証した事例に相当する。その達成目標は、米飯の粘弾性測定および官能評価に基づき、冷凍米飯の品質保持に最適な冷凍・保存温度条件を明らかにすること、さらには一般成人および高齢者の嗜好特性の相違を把握し、解冻後における米飯の物性値から一般成人および高齢者が感じる「おいしさ」をそれぞれ予測することにより、これら社会属性の異なる消費者の嗜好を満足させる米飯を提供するための最適冷凍・保存温度条件を明らかにすることにある。これらの条件は米飯製造工程の設備機器の制御やプロダクトマネジメントに有用な情報を提供するものと考えられる。

## 5. 研究計画のデザイン

### 5.1 デザインの留意点

食感性モデルを有効に活用するためには、総合的な研究計画、すなわちグランドデザインが必要である。さらに、立案されたグランドデザインに従って、あらかじめ測定項目と採用すべき計測機器および計測・評価のための手法を検討しておく必要がある。本研究の目標を達成するためには、食感性モデルの構成要素である食品属性の中の「物理化学的特性」からヒトの「感情(おいしさ)」に至るルートに着目し、少なくとも前者に関する機器計測データと後者に関する評価スコアの取得法をそれぞれ確定しなければならない。しかし、この段階では官能評

価により得られる「知覚強度」および「感情（おいしさ）」に関するスコアと関連を有する食品の「物理化学的特性」の測定項目は明らかでない。そのために、理想的には食品の物理化学的特性の計測には現存するすべての計測法を採用すべきである。

本講座の（その1）<sup>2)</sup>で紹介した「リンゴの非破壊テクスチャ評価システム」で得られた結果によれば、ヒトが感じる「かたさ」は単に粘弾性パラメータのみでなく、糖度・酸度、含水率などの含有化学成分量に影響される。すなわち、従来の研究で行われてきたように、テクスチャを計測するために開発された工学的計測機器を用いて、力学的パラメータのみを計測しても、得られたデータからヒトが感じる「かたさ」を正確に予測することは不可能であることに留意すべきである。「食感性モデル」の利点の一つは、モデルに含まれる要因間の関連性の強さを定量的に判定できる点にある。たとえば食品の香りを抽出・サンプリングする多様な方法の中から、官能評価スコアとの関連性が高い抽出法を選択することが可能となる点である。このように、食感性モデルは物理化学的特性の計測法の中から、ヒトが知覚している食品の成分や理工学的特性を計測する方法を探索するツールとして利用することも可能であるといえる。

## 5.2 研究手法のデザイン

グランドデザインの第1ステップとして、本研究の目的を達成するための全体的なスキームを図2に示した。図中には計測項目を最下段に、計測により得られたデータ群にANNを適用して明らかにする課題を中段に示し、最上段には計画した研究の最終目的を示している。最下段に示した計測項目の中で、「氷結晶計測」は、研究を開始する時点で、その計測手法が確立されておらず、本研究を遂行する過程で、新規に開発することを計画した計測項目である。具体的には本講座の「感性センシングシステム（その1）」<sup>29)</sup>で紹介した「マイクロスライサ画像処理システム」を利用して、米飯1粒子内に形成される3次元氷結晶構造を計測する新たな手法を開発するこ

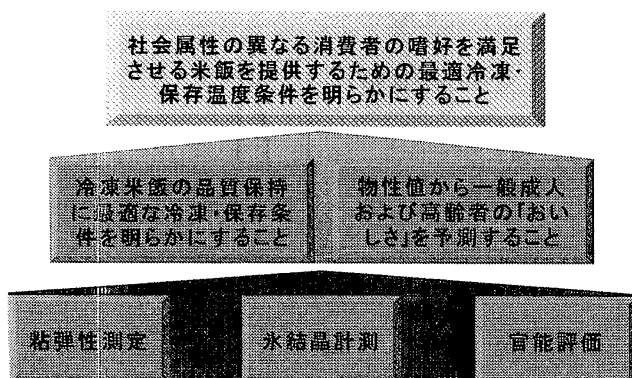


図2 研究のスキーム

ととした。この開発が達成されると、冷凍米飯の凍結速度－氷結晶構造－解凍後の品質の関連性を定量的に評価することが可能となることが予測されるが、本研究のスキームの中での達成レベルとして、少なくとも凍結温度と保存期間により変化すると予測されている氷結晶構造の3次元可視化画像を計測するレベルを目標とした。

## 5.3 測定項目・設定条件と手順

前項のグランドデザインに引き続き、第2ステップとして策定した、より詳細な研究手順を図3に示す。この手順に従って検討した実験条件や方法の検討結果を次項以降に述べる。

### (1) 供試材料

おいしさの程度が異なる2つの品種の冷凍米飯製造に対する適性を判定することを目的とし、食味計で90点以上の最高評価点と約75点を示すことが知られている2つの品種、すなわち新潟県魚沼産の「コシヒカリ」と滋賀県産「日本晴」のいずれも新米を供試材料として選択した。

### (2) 炊飯・放冷法

これらの方法については、現在、健康・介護食を生産している民間企業の品質管理手法を参考にして決定した。具体的には、精白米500gをアルミニウム製ボウルに入れ、水道水800mlを加えて直ちに水を切り、10回研いだ後、水道水800mlを加えて水を切る操作を2回、水道水1200mlを用いて約10秒間攪拌しながらすすぐ操作を4回繰り返した。続いて米重量の1.36倍の水道水を加え、家庭用炊飯器を用いて普通炊きのコースで炊飯した。

炊飯終了直後に蓋を開け、工業用吸水シートの表面に炊飯器内の釜を転倒し、ライスケーキ状試料を取り出した。次に、炊飯器付属のしゃもじを用いて釜面に接していた部分の米飯を300g削り取り、軽く攪拌した後、厚さ20mmに広げて室温25℃まで放冷後、シートに包んで15分間なじませた。なお、試料の炊飯および放冷時における試料中心温度の経時変化を熱電対によりモニタ

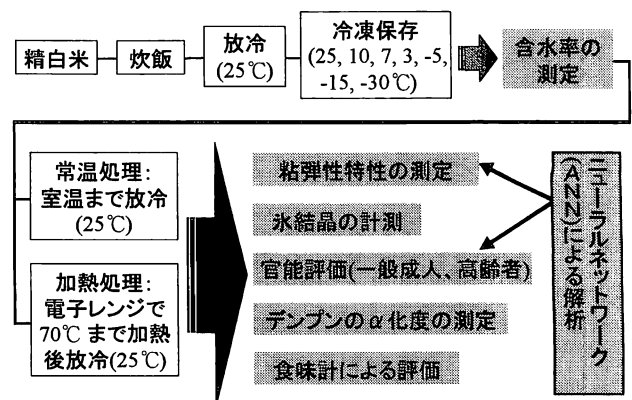


図3 測定項目・設定条件と研究の手順

表3 試料の保存温度条件および  
物性測定・官能評価時間の設定

温度(°C)	時間(hr)							時間(day)	
25	0*	—	2	5	24	48	—	—	—
10	0	1	2	5	24	48	72	—	—
7	0	1	2	5	24*	48	72	—	—
3	0	1	2	5	24	48	72	—	—
-5	0	—	—	—	1	—	3	5	10
-15	0	—	—	—	1*	—	3	5	10
-30	0	—	—	—	1	—	3	5	10

備考：— は一般成人を，\* は一般成人と高齢者を対象とした官能評価実施箇所を示す。

— した。

### (3) 保存温度と保存期間

前項で述べた方法により室温まで放冷した後の試料200gをポリエチレン製容器に入れ、塩化ビニル樹脂製食品包装用ラップフィルムで二重に包装した後、設定温度に対して±0.2°Cの精度で制御が可能な小型低温恒温器内にて冷蔵または凍結保存した。表3に示すように、試料は25°Cで2日間、10°C・7°C・3°Cで3日間、-5°C・-15°C・-30°Cで10日間保存して、その後の計測および官能評価に供した。また、保存期間中の試料について一定時間ごとに含水率を105°C-24h烘間法により測定した。保存後の試料は含水率測定後に2分し、一方は自然放置して試料温度を室温まで上昇させて「常温処理試料」、他方は家庭用電子レンジを用いて70°Cまで加熱した後、再度室温まで放冷して「加熱処理試料」とした。

### (4) 計測・評価・ANN分析の手順

これらの試料について、レオメータを用いたクリープ試験およびテンシプレッサを用いた低・中・高圧縮6バイト試験による粘弾性特性、デンプンの糊化度をそれぞれ測定し、さらに炊飯米用食味計を用いた食味評価および官能評価を実施した。このようにして得られた計測・評価結果データにANNモデルを適用して解析し、保存温度・期間・粘弾性パラメータおよび官能評価により得られる「項目得点」と「おいしさ」の関係をそれぞれ明らかにした。

## 6. 粘弾性計測装置と方法

### 6.1 テンシプレッサ

前節で述べたように、米飯の保存後における粘弾性特性データを取得するために、レオメータによる炊飯米1粒子の破断およびクリープ試験と、テンシプレッサによるバルク状試料の粘弾性特性計測を実施した。しかしながら、レオメータによる計測データから判別可能な傾向を把握することは困難であった。この原因は装置の試料台に供試した米飯1粒子の姿勢を常時一定に保つこと

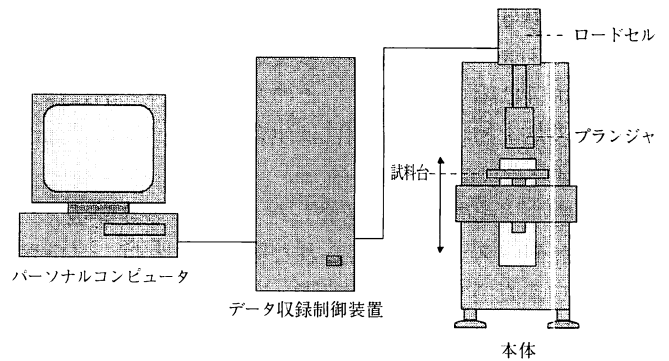


図4 テンシプレッサの概略図

が困難であったためであり、これに起因して取得データの測定誤差が増大したものと考えられた。したがってその後のANN解析にはテンシプレッサにより得られたデータを採用した。

図4に米飯の粘弾性計測に用いたテンシプレッサの概略図を示した。この図に示すように、テンシプレッサは本体、データ収録制御装置および解析用パーソナルコンピュータから構成されており、本体はパーソナルコンピュータから操作することが可能である。本体の試料台は一定速度で垂直方向に昇降して試料を連続的に圧縮すると同時に、ロードセルにより圧縮・引張りに要する力・仕事量と変形距離を検出する機能を有している。この装置の特徴は、試料を23～92%の範囲で設定した3段階の低・中・高圧縮を各段階について連続的に2回繰り返す方法、すなわち6バイト試験における力-時間曲線を測定し、得られた曲線の波形(図5)から「硬さ」、「こし」、「付着性」および「粘り」などのパラメータ値を表示する機能を有している点にある。

### 6.2 計測方法

表3に示した温度・時間条件下で保存した常温処理試料および加熱処理試料それぞれについて、6バイト試験による粘弾性特性を測定した。試料10.0gを内径40mm

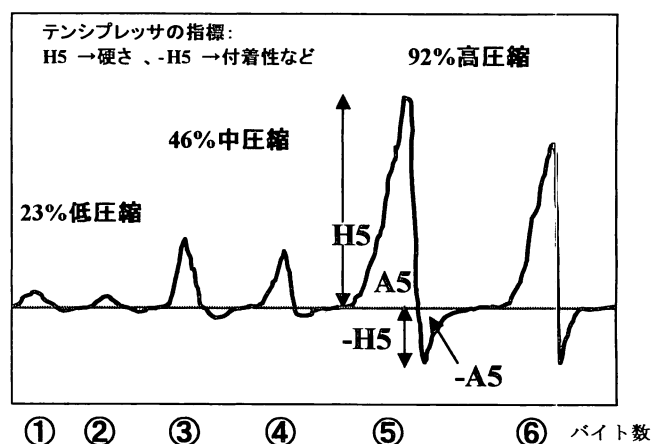


図5 6バイト試験計測曲線

高さ16mmの円筒状試料容器入れ，専用プランジヤで試料厚さ10mmになるよう5秒間荷重を加えたのち除重し，3分間放置した．このバルク状米飯を試料として6バイト試験を実施した．測定は各試験区の試料についてそれぞれ5回ずつ行い，得られた粘弾性パラメータ値の平均値を採用した．

試料の測定は，直径18mmの円筒形プランジヤを用いて，圧縮速度2.0mm/s，引張り速度1.0mm/sの条件下で行い，図5に示すような6バイト計測曲線を得た．図中にはそれぞれの圧縮に要した力をH，仕事量をA，逆に引離しに要した力を-H，仕事量を-Aとして表示している．さらに，これらのパラメータから食糧庁で用いられている米飯の品質評価指標である硬さ・こし・付着性・粘りの4指標が算出される．すなわち試料を圧縮したときの最大圧縮力の値を「硬さ(H5)」，また，試料を92%および23%圧縮するのに要する仕事量の比を「こし(A5/A1)」，さらに圧縮したのち引離すのに要する力と仕事量の最大値をそれぞれ「付着性(-H5)」および「粘り(-A5)」と定義している．

### 7. 官能評価法

官能評価は2002年12月9日～1月31日に実施した．供試材料のコシヒカリおよび日本晴について，表3に示した試験区の常温および加熱処理試料それぞれをパネルに供試した．一般成人（平均年齢30.4±8.9歳）に対しては，品種・加熱処理の有無・保存試験区数の組み合わせにより総量58サンプルを供試した．1サンプル当たりのパネル数は約40名であり，パネルの延べ人数は2,292名となった．高齢者（平均年齢81.1±8.4歳）に対しては10サンプルを供試し，1サンプル当たりのパネル数約27名，延べ272名を対象とした．図6に示すような官能評価用シートを作成して，「透明感」・「つや」・「白さ」・「香り」・「あま味」・「うま味」・「硬さ」・「こし」・「付着」・「粘り」・「舌触り」などの知覚強度に関する11項目および総合的な嗜好度の尺度である「おいしさ」を7段階尺度法により評価した．

評価には1回ごとに1サンプルを供試し，サンプルの摂食間には，水で口直しをしながら評価することとした．また，評価の前に評価用語について次のような説明を行った．

- ・硬さ：「ご飯を噛むときの力とする」
- ・こし：「ご飯の噛み応えとし，割れたり切れたりしないもの程こしがあるとする」
- ・付着：「ご飯が歯にひつつく具合とし」，付着のないものの例として豆腐やプリンを挙げた．
- ・粘り：「ご飯の粘りとし」，もちを例として伸びれば伸びるほど粘りがあるとした．

## 8. ANNモデルの適用

### 8.1 モデルの概要

図7に示すように，本研究ではC言語を用いて作成した入力層－中間層－出力層の3層ANNモデルを使用した．このモデルは素子の出力演算にシグモイド関数を利用し，逆誤差伝播法・逐次更新学習法により荷重修正を行った．荷重初期値に-1～1の範囲の乱数を用い，20

米飯試食テスト																			
<b>サンプル</b> を召し上げて、以下の質問にお答えください。																			
Q1. サンプルを召し上げて、以下の項目について、それぞれあてはまると思うものを1つずつ選んで、番号を○で囲んでください。																			
(1)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">透明感がある</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">透明感がない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		透明感がある	7	6	5	4	3	2	1	透明感がない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
透明感がある	7	6	5	4	3	2	1	透明感がない											
(2)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">つやがある</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">つやがない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		つやがある	7	6	5	4	3	2	1	つやがない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
つやがある	7	6	5	4	3	2	1	つやがない											
(3)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">白い</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">白くない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		白い	7	6	5	4	3	2	1	白くない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
白い	7	6	5	4	3	2	1	白くない											
(4)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">米本来の香りがあ</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">香りがない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		米本来の香りがあ	7	6	5	4	3	2	1	香りがない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
米本来の香りがあ	7	6	5	4	3	2	1	香りがない											
(5)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">あま味がある</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">あま味がない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		あま味がある	7	6	5	4	3	2	1	あま味がない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
あま味がある	7	6	5	4	3	2	1	あま味がない											
(6)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">米のうま味があ</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">うま味がない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		米のうま味があ	7	6	5	4	3	2	1	うま味がない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
米のうま味があ	7	6	5	4	3	2	1	うま味がない											
(7)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">硬い</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">硬くない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		硬い	7	6	5	4	3	2	1	硬くない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
硬い	7	6	5	4	3	2	1	硬くない											
(8)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">こしがある</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">こしがない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		こしがある	7	6	5	4	3	2	1	こしがない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
こしがある	7	6	5	4	3	2	1	こしがない											
(9)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">付着感がある</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">付着感がない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		付着感がある	7	6	5	4	3	2	1	付着感がない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
付着感がある	7	6	5	4	3	2	1	付着感がない											
(10)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">粘りがある</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">粘りがない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		粘りがある	7	6	5	4	3	2	1	粘りがない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
粘りがある	7	6	5	4	3	2	1	粘りがない											
(11)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">舌触りが滑らか</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">滑らかでない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		舌触りが滑らか	7	6	5	4	3	2	1	滑らかでない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
舌触りが滑らか	7	6	5	4	3	2	1	滑らかでない											
(12)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">どちらとも いえない</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">やや</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">かなり</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">非常に</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">総合評価 おいしい</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">おいしくない</td> </tr> </table>		非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に		総合評価 おいしい	7	6	5	4	3	2	1	おいしくない
	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に												
総合評価 おいしい	7	6	5	4	3	2	1	おいしくない											
氏名(                      ) 年齢(      ) (男・女)																			

図6 米飯の官能評価用シート

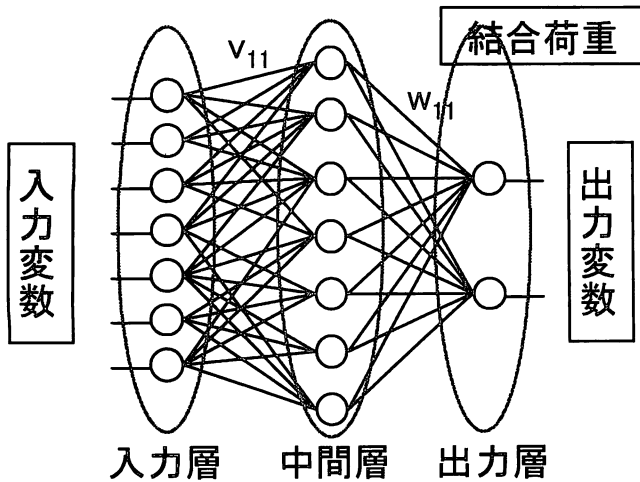


図7 3層 ANN モデル

回の試行の上、交差妥当化により評価される学習程度がもっとも高い結果を最適な荷重として採用した。なお中間層素子数は1～15の範囲で検証を行い、学習精度の向上が認められなくなる最小の素子数を採用した。なお、近似精度は、決定係数 (R<sup>2</sup>) および平方平均二乗誤差 (Root Mean Square Error : RMSE) を用いて評価した。

8.2 解析項目と手順

本研究で行った解析項目と手順の概要を図8に示した。図中の実線は一般成人、点線は高齢者を対象にした解析をそれぞれ示している。以下に図中に示した番号順に従って、解析の課題や内容について述べる。

- (1) 一般成人および高齢者について官能評価で得られた「硬さ」や「付着感」など11の項目得点と「おいしさ」の関係を探る (経路①)。
- (2) 保存温度・時間条件が一般成人の項目得点および「おいしさ」の評価スコアに与える影響を評価する

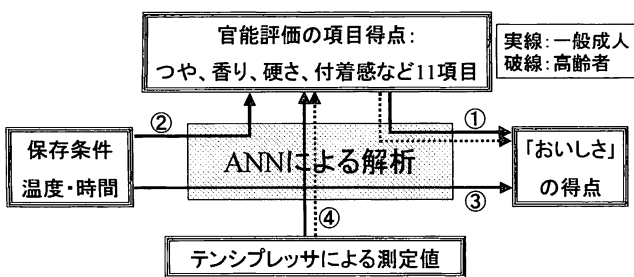


図8 ANNモデルによる解析項目 (①～②)

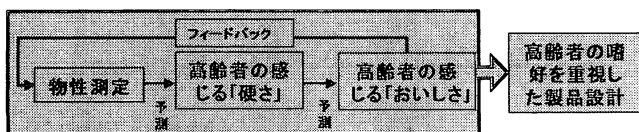


図9 食感性モデルによる製品設計の流れ

(経路②と③)。

- (3) テンシプレッサにより得られた12種類の粘弾性パラメータ、すなわち低・中・高圧縮時それぞれにおけるA・H・-A・-Hの値から一般成人および高齢者の項目得点スコアを予測する (経路④)。

これらの解析により、たとえば図9に示すように、ある製品の物性値から高齢者の感じる「硬さ」、または「おいしさ」を予測することが可能となる。さらに、これらの情報を逆に製品設計にフィードバックすることにより、高齢者の嗜好を重視した品質設計が可能となる。

(以下、次号)

文 献

- 1) 池田岳郎, 相良泰行: 冷凍, 78 (914), 23 (2003).
- 2) 池田岳郎, 相良泰行: 冷凍, 79 (915), 59 (2004).
- 3) 日本統計協会: 「高齢人口と高齢者のいる世帯」(総務庁統計局編), p.21, (2000).
- 4) 貝沼やす子: 家政誌, 47 (6), 15 (1995).
- 5) 貝沼やす子: 家政誌, 47 (11), 49 (1996).
- 6) Takeuchi S. et al : J. Food Engineering, 33, 281 (1997).
- 7) 貝沼やす子: 家政誌, 51, 15 (2000).
- 8) 成宮正興: 冷凍, 71 (822), 326 (1996).
- 9) 矢内和博他: 日食科工誌, 48 (10), 777 (2001).
- 10) 成宮正興: 食品工学, 42 (22), 35 (1999).
- 11) 相良泰行: ジャパンフードサイエンス, 37 (3), 23 (1998).
- 12) 相良泰行: 「食品感性工学」, 朝倉書店, (1999).
- 13) 相良泰行: 味と匂い学会誌, 8 (2), 153 (2001).
- 14) 岡部元雄: New Food Industry, 19 (4), 65 (1977).
- 15) Okabe M. : J. Texture Stud., 10, 131 (1979).
- 16) Bhattacharya K.R. et al. : J. Food Sci., 44, 797 (1979).
- 17) K.Ohtsubo et al. : Rep.Natl. food Res. Inst., 54, 1 (1990).
- 18) 岡留博司他: 日食科工誌, 43 (9), 1004 (1996).
- 19) 岡留博司他: 日食科工誌, 45 (7), 398 (1998).
- 20) M.Ramesh, et al. : Carbohydrate Polymers, 38, 337 (1999).
- 21) 全国食糧検査協会: 「米の食味評価最前線」, (1997).
- 22) 大坪研一: 「米飯食品ビジネス事典」, サイエンスフォーラム, 東京.
- 23) 竹生新治郎: 「米の科学」(石谷孝佑・大坪研一編), 朝倉書店 (1995).
- 24) Y.Ogawa, et al. : J. Agr. Food Chem., 49 (2), 736 (2001).
- 25) A.K.Horigane : J. Food Sci., 64 (1), 1 (1999).
- 26) A.K.Horigane, et al : J. Food Sci., 65 (3), 408 (2000).
- 27) 渡辺尚彦: 日食工誌, 41 (6), 448 (1994).
- 28) 石田信昭他: 日食科工誌, 47 (6), 407 (2000).
- 29) 相良泰行: 冷凍, 78 (914), 30 (2003).