九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

# 味覚センサによるビールの識別と泡の評価

岩倉，宗弘
九州大学大学院システム情報科学研究院電子デバイス工学部門

安達，利昭
九州大学大学院システム情報科学府電子デバイス工学専攻 ： 博士後期課程

都甲，潔
九州大学大学院システム情報科学研究院電子デバイス工学部門

https://doi.org/10.15017/1525445

出版情報：九州大学大学院システム情報科学紀要. 7 (1), pp.53-57, 2002-03-26. 九州大学大学院システム情報科学研究院
バージョン：
権利関係：

九州大学大学院
システム情報科学紀要
第7巻　第1号　平成14年3月

Research Reports on Information Science and
Electrical Engineering of Kyushu University
Vol. 7 , No.1, March 2002

# 味覚センサによるビールの識別と泡の評価

岩倉宗弘* ・ 安達利昭** ・ 都甲　潔*

# Discrimination of Beer and Estimation of Beer Foam with Taste Sensor

Munehiro IWAKURA, Toshiaki ADACHI and Kiyoshi TOKO

(Received December 14, 2001)

**Abstract:** A multichannel taste sensor is composed of several kinds of lipid/polymer membranes for transforming information about substances producing taste to electric signals. The distinction of beer was tried using the taste sensor. A difference in the taste which varies in the raw material of beer and the method of manufacture could be confirmed. Such expressions as "rich taste" and "sharp taste" were expressed using the taste map. Furthermore, the effect the foam of beer makes on the taste was examined, and it was shown that many bitter components were contained in the foam of beer.

**Keywords:** Taste sensor, Lipid/polymer membrane, Beer, Foam, Taste map

## 1. はじめに

我が国のビール（発泡酒を除く）の出荷量は1994年の713万klをピークに減少傾向にある．これは景気後退と発泡酒への需要のシフトが大きな要因ではあるが，各ビールメーカーは販売層を拡大するために，多様化した消費者の嗜好性を捉え，その嗜好に対応した新商品をいち早く市場へ投入するべく，製品およびその評価技術の開発に努めている．

食品産業全てに共通することであるが，消費者が求めている味や生産者が作り出した味を定量化することは生産者の効果的な製品開発のためにも重要な技術といえる．工学的プロセスにおいてはパネラーと呼ばれる味見の専門家によって官能検査が行われているが，パネラー間の個人差や個人の体調によって，必ずしも客観的な検査結果とはならないことがある．

一方，味を客観的かつ迅速に測定するセンサとして，マルチチャンネル型味覚センサがある．このセンサはその受容部に複数種の脂質膜を有し，様々な味物質に対してその味質特有の応答パターンを示す．これまでにも日本酒やミネラルウォーターなどへ適用され，それらの味の定量化および識別に成功している[1),2)]．

本研究はこれまで培われてきた，味覚センサによる測定手法をもとに，ビール原料や生産地の違いに着目してビールの測定をおこなった．さらに，その結果から得られる情報の評価を感性工学的観点から試みた．また，ビールの泡が味に及ぼす影響について幾つかの知見が述べられているが，2000年に新たに発売された麦芽100%ビールと副原料入りビールから採取した泡を味覚センサで測定・比較しつつ，これらについても考察をおこなった．

平成13年12月14日受付
* 電子デバイス工学部門
** 電子デバイス工学専攻博士後期課程

## 2. 実験方法

### 2.1 測定装置

測定にはアンリツ㈱社製味認識装置SA401を使用した．この装置はセンサ電極，ロボット，バッファアンプ，A／Dコンバータ，コンピュータから構成されている．**Fig.1**にその概観を示す．

センサ電極は，特性の異なる脂質膜を貼付した7本の作用電極と1本の参照電極からなる．使用した脂質を**Table-1**に示す．なお，膜の支持材はポリ塩化ビニル(PVC) とし，可塑剤にジオクチルフォスフェイトを使用した．参照電極はガラス製穴あき試験管の先端部に3 M KClの寒天を充填して作成した．センサ電極，参照電極とも内液として3 M KCl AgCl飽和溶液を入れている．また，すべての実験において，センサ電極を予め基準液と同じ液体に浸漬させ，馴染ませておくというプリコンデショニング法[1),2)]を採用した．この方法は非常に似通ったサンプル間の微妙な違いを検出する場合に有効である．

ロボット部は専用台に固定されており，コンピュータにプログラム設定することにより，任意のタイミングでセンサ電極を所定のサンプルの位置へ移動することが可能である．バッファアンプ部にはノイズ低減用に電源供給用バッテリーを備えている．A／Dコンバータの分解能は16ビットで，入力範囲は±500mVである．コンピュータで測定条件等を設定することで，各サンプル毎の応答電位を自動測定する．

サンプル溶液，基準液，洗浄液は専用のガラス製深型シャーレ（$\phi$:90mm, H:60mm）に入れ，所定の位置にセットする．また，温度変化による影響を防ぐため，基

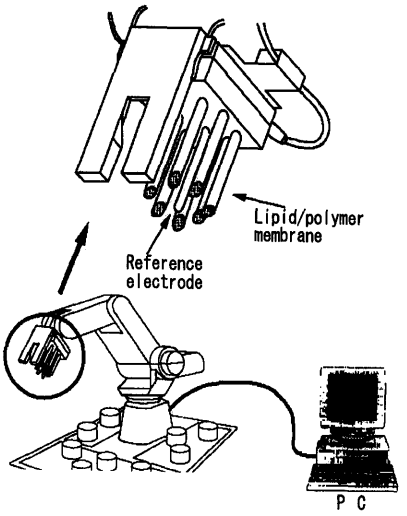


**Fig.1**　Taste-sensing system SA401.

**Table-1**　Lipid materials used in the multichannel electrode.

| | Lipid |
|---|---|
| 1 | Decyl alcohol(DA) |
| 2 | Oleic acid(OA) |
| 3 | Dioctyl phosphate(DOP) |
| 4 | DOP:TOMA=5:5 |
| 5 | DOP:TOMA=3:7 |
| 6 | Trioctyl methyl ammonium chloride(TOMA) |
| 7 | Oleyl amine(OAm) |

準液，洗浄液，サンプル，脂質膜電極類は全て常温にして測定をおこなった．

基準液および洗浄液は測定サンプルや測定目的によって，その成分や数量等を調整する．本研究では3種類の実験をおこなったが，各々において基準液と洗浄液が異なるため，その組成については各実験毎に記述する．

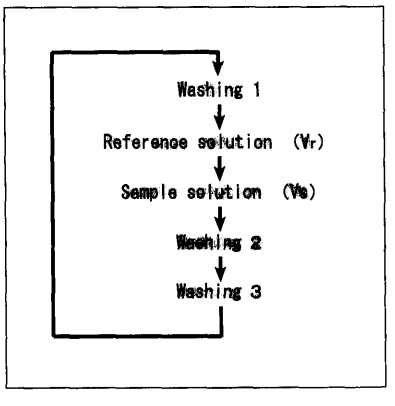


**Fig.2**　Measurement process.

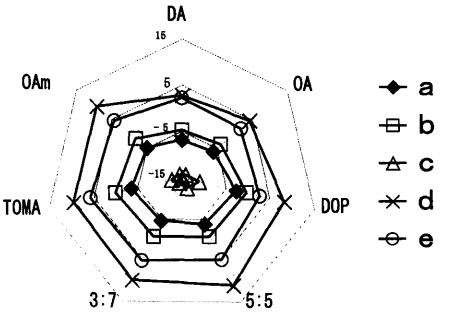


**Fig.3**　Responses to typical brands of beer (mV).

### 2.2　測定手順

各実験で共通する測定手順を**Fig.2**に示す．はじめに，洗浄液1でセンサ電極を共洗いする．その後，基準液において膜電位が安定するまで測定を繰り返す．安定条件は20秒毎の膜電位を測定し，各電極とも前回の測定値との差が±0.5 mV以内に入ることとした．応答電位が安定した後，各サンプルへセンサ電極を移動させ，電極を馴染ませた後，各電極電位を測定する．

ここで,基準液測定電位（Vs）と各サンプル測定電位（Vr）との差（Vs−Vr）を相対電位とした．一つのサンプルを測定した後，洗浄液2および洗浄液3で共洗いをおこなう．この一連の操作を各サンプル毎に繰り返した．なお，これら一連の操作によって一サンプルの測定に要する時間は，基準電位安定状況によってばらつきはあるものの，約5分程度であった．

## 3.　実験

本研究では以下に示す3項目について，味認識装置で測定実験をおこなった．

ビール種識別

1．ビール（5グループ40銘柄）

ビール泡の評価

2．泡の発生状況を変えたビール（3種）

3．ビールの泡（麦芽100%副原料入）

### 3.1　5グループ40銘柄のビールの測定

40種類のビールについて応答電位を測定した．サンプルは**Table-2**に示す5グループとした．ビールの場合，測定中の経時変化が大きいことが予想されるため，各サンプルの開栓は全てサンプル電位測定の5分前におこなった．泡の影響も同程度となるように，すべてのサンプルとも起泡せぬように静かに注いだ．測定回数は各サンプルとも1回とした．基準液および洗浄液にはグループaのサンプルナンバー1のビールを採用した．なお，測定中に炭酸ガスの減少による応答電位の変動等がないように，基準液，洗浄液には同一ロットのビールを採用し，それらをスターラにかけ，十分に炭酸ガスを除去したも

**Table-2** Beer samples.

| Group | Category | Number of samples |
|---|---|---|
| a | Made with 100% malt Japanese | 8 |
| b | Made with 100% malt Europe | 11 |
| c | Craft beer | 4 |
| d | Contain adjuncts Japanese | 9 |
| e | Contain adjuncts American | 8 |

のを用いた．

代表的ビールの応答電位をレーダーチャートで表したのが**Fig.3**である．各サンプル毎に膜電位が-15～10 mVの範囲内で明確に分かれている．また，味が濃厚とされるビールほど，各応答電位が負値側にあり，淡白とされるビールは正値側に応答している．

測定値に主成分分析を施し，二次元平面上に表示したものが**Fig.4**である．主成分分析とは，複数の変数の組の変動で表される分析データを，互いに相関のない複数の変数の組に変換することで，測定変数を少数の組の変数に要約することである．つまり，次元の縮小を行うことになる．変換された変数は分散が大きいものから順に並べられるため，もとの変数を説明する主成分（Principle Component）となっている[7]．

今回の測定において各軸の寄与率はPC1が98.1%，PC2が1.5%であり，累積寄与率は99.6%となる．よって，これら２軸でほとんどの味を説明する．なおプリコンディショニング法を用いると，一般にPC2以降の寄与率はPC1に比べて極めて小さくなる．過去の測定データ[3]と比較した場合，その分布は同様であるため，その再現性は十分に信頼できるものである．

過去に測定実績[4]のある各ビール会社の基幹銘柄について，今回の測定結果と照らし合わせた．さらに当時の官能評価を採用して軸の意味を検討した．その結果，以下の評価を導出した．

PC1軸は味の基調を決定しており，正値ほど濃厚（コクがある，リッチ）で，負値ほど淡白（すっきり，ライト）である．PC2は補助的な味覚で正値ほどシャープ（のどごしが良い）で，負値ほどマイルド（スムース）といえる．各サンプルの分布状況について述べる．各カテゴリー毎に特徴のある分布をしているのがわかる．グループａは従来の副原料入りビールよりマイルド（スムース）側にある．グループｂは様々なバリエーションがあり，最も広い範囲に分布しているが，さらに生産国でみてみると各々に特徴あることが分かった．ｂ1，ｂ2はともにチェコスロバキア産で極めてリッチかつシャープ，ｂ11はフランス産で極めてライトである．その他はドイツ，オランダ，デンマーク産でPC1軸についていえば近いところに分布している．グループｃはサンプル数は４つと少ないが，全体的にリッチ傾向にあり，広い範囲に分布している．その製法が上面発酵方式であるため，ビールの味の元となる成分がより多く含まれているからである．グループｄには従来からの日本のビールメーカーの主力製品が多く，シャープな味を呈するとされる位置に密集して分布している．グループｅはライトかつスムースで飲み易さを特徴とする位置にある．

### 3.2 泡の発生状況を変えたビール（３種）の測定

ビールの味は缶からそのまま飲む場合と，一旦グラスに注いで，泡を起てた状態で飲む場合とでは味が違うと言われている．これはビールの泡がグラスの蓋となり，炭酸ガスが抜けるのを防ぎ，酸化防止の役目を果たしているからである．さらに，苦味成分を吸着してビールの味をマイルドにするからといわれている．泡の構造は気泡（二酸化炭素）を起泡タンパク質と苦味成分であるイソα酸等の吸着物が覆っている．泡はビール本体よりもこれらの呈味成分が５から50%多く含まれている[5]．もちろん，ビールの泡に含まれる呈味成分は原料によっても大きく異なる．そこで，味覚センサを用いて，麦芽100%ビールと副原料入りビールの泡の評価を試みた．

サンプルには原料が麦芽100%（Ａ）と副原料入り（Ｂ）の２銘柄の国産ビールを採用した．サンプルの定義および採取方法は以下の通りである．「泡沈殿（Melt into）」：起泡が進むように容器に勢い良く注入後２分間放置．「泡除去（Dissorb）」：起泡が進むように容器に勢い良く注入後直ちに泡を取り除く．「泡なし（No occurrance）」：起泡を抑えるよう容器に静かに注入．なお，起泡させる場合の泡の体積は，両銘柄とも測定する試料全体の５割程度となるように調整した．

基準液および洗浄液にはサンプル（Ａ）のビールを事前にスターラにかけて，炭酸ガスを除去したものを用いた．なお測定回数は各サンプルとも２回とした．測定結果を**Fig.5**に示す．ビールの味を代表するマイナス荷電の苦味に対して最も良く反応するTOMA膜に着目する．TOMA膜の応答電位は苦味が強いほど負値側に応答することが[8]知られている．両銘柄とも泡沈殿ビールのほうが泡除去ビールより平均で0.7から0.9mV負値側に応答している．これは泡沈殿ビールでは，泡により多く含まれるイソα酸などの苦味成分が取り除かれないためで，その結果，苦味が強まった考えられる．

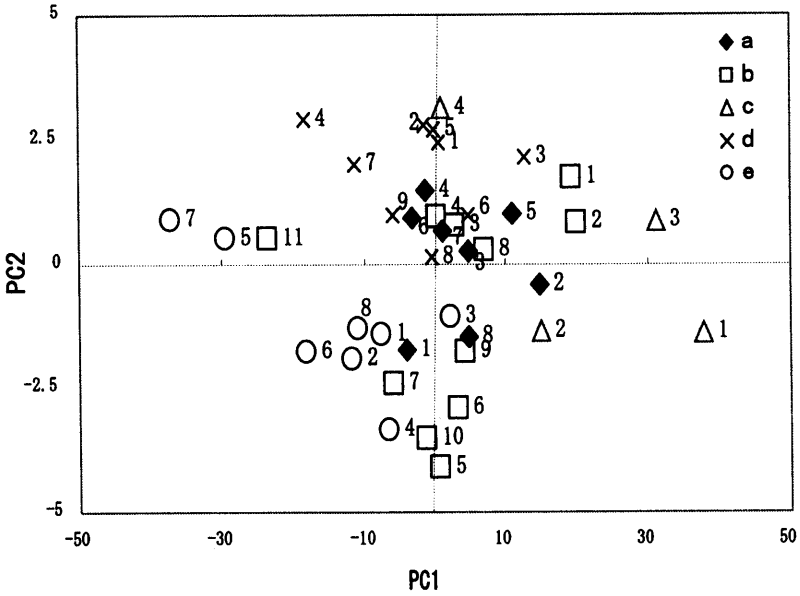


**Fig.4**　Taste map of beer.

TOMA膜の応答電位について両銘柄で比較した場合，各々の泡除去ビールの相対電位を1としたときの泡沈殿ビールの割合はサンプルAで0.43mV／1.15mV = 0.374，サンプルBでは11.75mV／12.69mV = 0.926となり，サンプルAのほうが泡除去と泡沈殿の違いが大きいといえる．これはサンプルAのほうがサンプルBよりも泡に苦味成分をより多く含んでいるためで，サンプルAのほうが泡の影響を受けやすいともいえる．

炭酸が除去されると応答電位は全体的に下方にいく．これは味覚的にはシャープさがぬけていることをあらわしている．A，Bのビールを比較しても，Aが全体的に下方に位置しており，官能検査でBがAよりスッキリとして，シャープとされていること[3]と合致する．

### 3.3　ビール泡の測定（麦芽100%副原料入）

上記実験は各サンプルの基準液に対する相対的な味の比較であった．これに対して，今回は泡の味そのものを知ることを目的とする．このため測定に使用する基準液および洗浄液には，50mM KCl溶液を採用した．また，使用する脂質膜も50mM KCl溶液でプリコンディショニングした．

サンプルとするビール泡の採取方法は，まず常温で500ml缶入のビールをビーカーに勢いよく注ぎ，発生した泡をプラスチック製のさじでサンプル容器にすくい取った．泡をすくい取って残ったビールを更に別のビーカーに注ぎ，発生した泡を先のサンプル容器にすくい入れた．再度この操作の後，残ったビールを別の容器に注いだが，泡の発生はほとんどなかった．これは泡を形成している成分である起泡タンパク質やイソα酸が取り除かれたためである．1回目と2回目の泡の様子を比べると，両銘柄とも1回目のほうが泡の粒がきめ細かい．また，両銘柄間の泡を比較すると，サンプルAのほうがきめ細かい．これもビールの泡成分がサンプルAに多く含まれているからであろう．

泡を採取した容器に1mM KCl溶液200mlを入れ，泡が溶解するまで数分間放置した．測定は3回のローテーション測定を行い，1回のローテーション毎に洗浄液を新しいものに交換した．測定結果を**Fig.6**に示す．サンプルBよりもサンプルAのほうが右下がりの傾きが大きく，TOMA膜については負値に移行している．これはサンプルAのほうがより苦味を呈していることを表しており，3.1の結果を支持する．サンプルBは苦味が少ない分，炭酸量を増やし，爽快感を出しているといわれている．

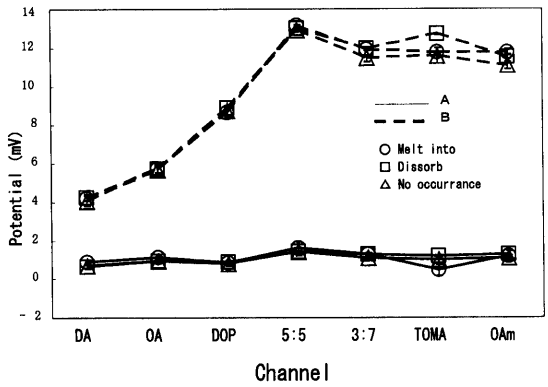


**Fig.5**　Response potentials for two brands of beer with different foam states.

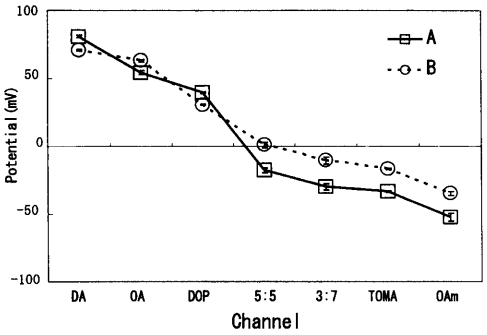


**Fig.6**　Responses to foam of beer.

## 4. ま　と　め

味覚センサを用いて40銘柄のビールを測定した．測定結果に主成分分析を施し作成した散布図から，各ビールの味は原料や生産地によって大別されることが示された．さらに基幹銘柄については，過去の測定データともほぼ同様の位置関係を示した．このことは長期間にわたる味の変化を議論することが可能であることを示すものである．次に，味覚センサを用いてビールの泡が味に与える影響を調べた．泡を除去したビールは，泡を残したビールよりもTOMA膜の応答電位が正値側に応答した，これは泡を除去したビールの方が，苦味が弱いということを示している．つまり，ビールの泡にはイソ$\alpha$酸などのマイナス荷電をもつ苦味成分がより多く含まれているといえる．さらに，この差は原料によって異なり，麦芽100%ビールの方が副原料入りビールよりも顕著であった．

泡自体の味の測定も味覚センサによって試みた．その結果からも，麦芽100%ビールの方が副原料入りビールより泡に苦味物質が多く含まれることが示された．

以上のように，味覚センサによってもこれまで官能試験の結果で述べられているビールの泡の評価と同一の見解を導くことができた．以上の実験はサンプルに特別な前処理や分離作業を必要とせず，膜の応答電位から味情報を導いたものである．このことは，味覚センサを用いて味の経時変化をリアルタイムに測定できる可能性を示唆している．

## 参　考　文　献

1) 都甲　潔編著：感性バイオセンサ，朝倉書店(2001).
2) 都甲　潔編著：食と感性，光琳(1999).
3) 江崎　秀，幸　利彦，都甲　潔，津田泰弘，中谷和夫：味覚センサによるビールの味質と成分の分析，電学論E，117 (1997) 449.
4) K.Toko:Biomimetic Sensor Technology, *Cambridge University Press*(2000) 150.
5) 鳥居國士，北嶋　親，浜口和夫：ビールのはなし，技法堂(1994).
6) 橋本直樹著：ビールのはなしPart2，技報堂(1998).
7) 石村貞夫：すぐわかる多変量解析，東京図書 (1992).
8) 池崎秀和，谷口　晃，都甲　潔：マルチチャンネル味センサの測定方法の改良による情報量の増加，電学論E，118 (1998) 506.