

平成21年度

宮城県産業技術総合センター研究報告

The Annual Research Report of Industrial Technology Institute, MIYAGI Prefectural Government

No.7(2009)

目次

1. 揮発性有機物の定量分析技術の高度化	1
2. 高密度基板EMC設計手法の研究	5
3. Life Guard Design 創設の可能性探究	9
4. 組込み用マルチプロセッサ対応リアルタイムOSの開発	12
5. 食品テクスチャーにおける新たな評価指標の開発	16
6. コーヒー粕の液化による利便性の向上及び有効成分抽出に関する研究開発	24

揮発性有機物の定量分析技術の高度化

對崎岩夫・宮本達也・今野政憲
食品バイオ技術部

電子部材や自動車内装材に起因して揮散する揮発性有機汚染ガスのうち、特に評価が必要とされているVOCs(volatile organic compounds)・SVOCs(semi volatile organic compounds)および環状シロキサン類について、ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-MS)により定性・定量分析法を検討した結果、各化合物が1～2ngの定量下限で評価が可能であることを確認した。

キーワード：揮発性有機化合物(VOCs), ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-MS)

1. 緒言

自動車内装材由来による車内の空気汚染や、クリーンルーム内空気の半導体部材汚染による電子機器の製品不良等が問題視され、揮発性有機化合物分析の需要が急増している。

本課題は、「自動車・半導体産業」で生産される部材・製品に起因して揮散する揮発性有機汚染ガスの定量分析法を確立させ、同業界を中心とした製品トラブルや不良率を減少させることを目的とする。

2. 実験方法

宮城県産業技術総合センターが保有するGC-MSシステムについて、市販されているVOCs, SVOCs, 環状シロキサン類の標準物質を用い、各化合物の定性・定量分析条件について検討を行った。

2.1 標準物質およびガス捕集剤

標準物質

揮発性有機化合物混合標準原液Ⅱ(関東化学)
VOCs混合標準原液Ⅲ(関東化学)
SWA-256検査用サンプル(ジーエルサイエンス製)
ヘキサメチルシクロトリシロキサン(東京化成工業)
オクタメチルシクロテトラシロキサン(東京化成工業)
デカメチルシクロペンタシロキサン(東京化成工業)

VOC類捕集剤

Tenax TA(60/80メッシュ ジーエルサイエンス)
Carboxen 1000(60/80メッシュ スペルコ)

2.2 分析装置

ガスクロマトグラフ(GC)

HP6890seriesGCsystem(Agilent Technologies)
カラム:AQUATIC 0.25mmI.D.×60m df=1.0μm
DB-1MS 0.25mmI.D.×60m df=0.25μm
キャリアーガス:ヘリウム 流量1.0ml/min

質量分析装置(MS)

Automass Sun(日本電子)
イオン化法:EI(+)
イオン化源温度:230℃
EI電圧:70eV
フィラメント電流:300μA

発生ガス濃縮導入装置

MSTD-258(ジーエルサイエンス)
オープン加熱方式:強制熱風循環式空気恒温槽
使用温度:室温～250℃
パージガス制御:定流量制御
捕集管:6(O.D.)×3(I.D.)×100mm

加熱脱着装置

TD-4(液クロサイエンス)
ガスパージ時間:1.00min
インジェクト時間:10sec
脱着時間:5.00min
脱着温度:270℃
クライオトラップ温度コントロール
Heating:270℃ cooling:-50℃

2.3 試験方法

図1に示した①～⑤の流れにより電子部品・自動

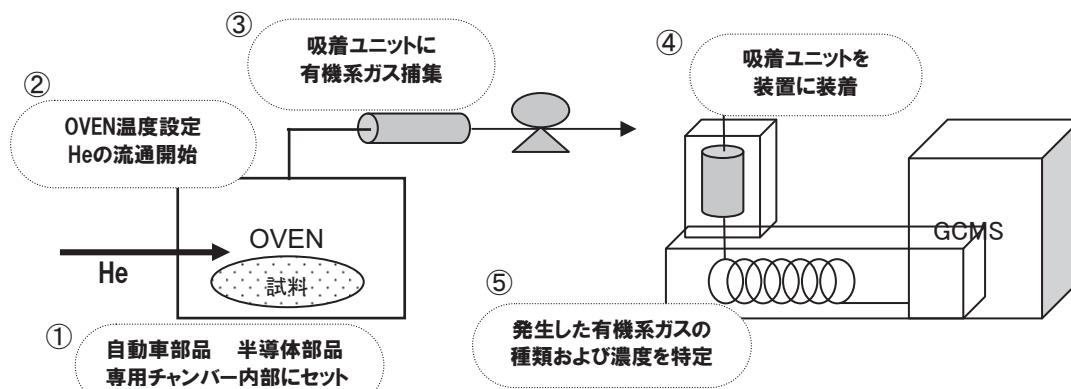


図1 発生汚染ガスの分析フロー

車内装材から発生するVOCs・SVOCsの評価方法について検討した。

試料を所定温度で加熱しながらヘリウムガスを流通し(①②), 任意の吸着ユニット1)で対象ガスを捕集(③), その後ガスクロマト質量分析装置(GCMS)により発生ガスを定量した(④⑤)。

①～③の捕集工程についてはVOC類の吸着条件2,3)の最適化について検討を行い, ④～⑤の定量方法に関しては, VOC類7物質およびSVOC類6物質それぞれの分析方法について検討を行った。

3. 結果および考察

3.1 VOCs, SVOCs定量分析

VOCs7物質およびSVOCs6物質について, GC装置オープン部の昇温条件, およびMS装置における各部温度等の条件をパラメータとし, 得られた全イオンクロマトグラム(TIC)のピーク形状・分離状態, 検量線の直線性等から, 各物質群の分析条件の最適化を行った

VOCs分析時のGC昇温プログラム及びMS設定条件を表1, SVOCs分析時のGC昇温プログラム及びMS設定条件を表2, 各々の標準物質を分析した際に得られた全イオンクロマトグラムを図2, 図3に示す。

また, 物質質量と検出ピーク面積から検量線を作成し, 本システムにおける各物質の定量下限値を算出した結果, 各化合物が1～2ngの定量下限で評価可能であった(表3,4)。

表1 VOCs分析条件

GC昇温条件
40°C (5min) → 8°C/min → 200°C (5min)
MS設定条件
インターフェイス温度: 230°C
イオン源温度: 230°C
マスレンジ: 29 – 350m/z

表2 SVOCs分析条件

GC昇温条件
100°C (2min) → 15°C/min → 300°C (10min)
MS設定条件
インターフェイス温度: 250°C
イオン源温度: 250°C
マスレンジ: 35 – 400m/z

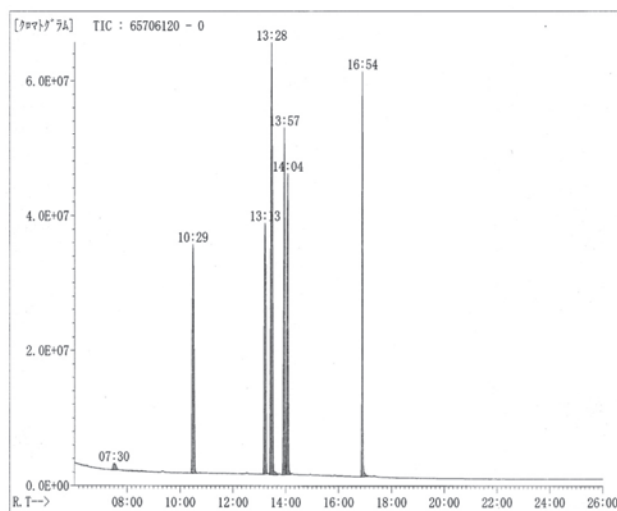


図2 VOC類7種のTIC

10:29 トルエン	13:13 エチルベンゼン
13:28 m,p-キシレン	13:57 スチレン
14:04 o-キシレン	16:54 p-ジクロロベンゼン

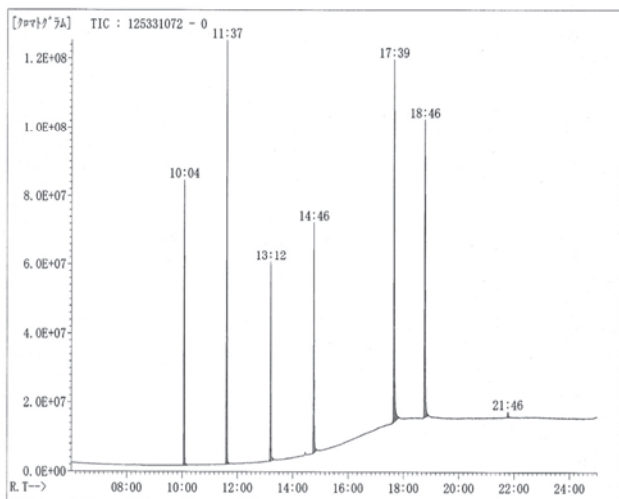


図3 SVOC類6種のTIC

- 10:04 ドデカメチルシクロヘキサシロキサン
- 11:37 ブチルヒドロキシトルエン 13:12 リン酸トリス
- 14:46 フタル酸ジブチル
- 17:39 アジピン酸ジ2エチルヘキシル
- 18:46 フタル酸ジ2エチルヘキシル

表3 VOCsの定量下限値(10σ)

VOCs	定量下限 (ng)
トルエン	0.7
エチルベンゼン	0.7
m,p-キシレン	0.8
o-キシレン	0.5
スチレン	0.7
p-ジクロロベンゼン	0.9

表4 SVOCsの定量下限値(10σ)

SVOCs	定量下限 (ng)
ドデカメチルシクロヘキサシロキサン	1.3
ブチルヒドロキシトルエン	0.9
リン酸トリス	1.2
フタル酸ジブチル	1.7
アジピン酸ジ2エチルヘキシル	1.3
フタル酸ジ2エチルヘキシル	1.9

さらに、VOCs・SVOCsを一括で分析可能なGC昇温プログラム及びMS設定条件について、前記と同様にピーク形状・分離状態、検量線の直線性等から最適化を行った結果を表5に示す。

表5 VOCs, SVOCsの一括分析条件

GC昇温条件
 50°C(4min)→8°C/min→160°C
 →15°C/min→300(10min)

MS設定条件
 インターフェイス温度:250°C
 イオン源温度:250°C
 マスレンジ:29-400m/z

3.2 環状シロキサン類の捕集及び定量分析

環状シロキサン類は、電子部材や自動車内装材に起因して揮散する揮発性有機汚染ガスのうち、特に評価が必要な物質として知られている。

ヘキサメチルシクロトリシロキサン(D3)、オクタメチルシクロテトラシロキサン(D4)、デカメチルシクロペンタシロキサン(D5)の標準物質を用いGC昇温プログラム及びMS設定条件の最適化を行った結果から得られたTICを図4に示す。

また、環状シロキサン類については、発生ガス濃縮導入装置(MSTD-258)を用いた加熱脱着法による分析法の検討を行った。

発生ガス捕集の際に使用する吸着剤の種類・量、およびMSTD-258温度プログラム等を検討した際に得られたTICを図5に示した。

この際、加熱脱着分析の吸着剤は、測定試料の沸点領域の広さから、TenaxTAとCarboxen1000の層状構造が適しているものと思われた。

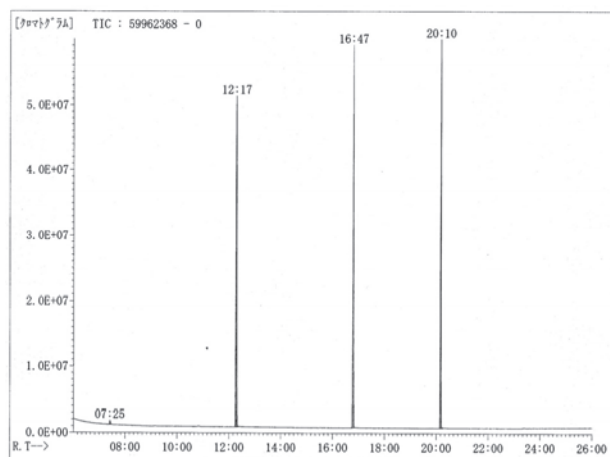


図4 環状シロキサン類のTIC

- 12:17 ヘキサメチルシクロトリシロキサン
- 16:47 オクタメチルシクロテトラシロキサン
- 20:10 デカメチルシクロペンタシロキサン

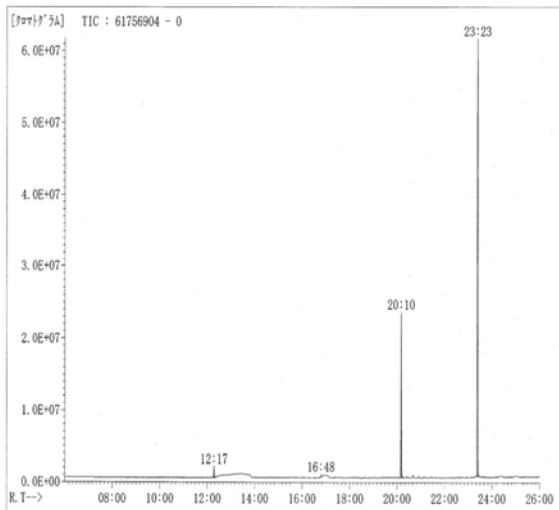


図5 加熱脱着による環状シロキサン分析のTIC

- 12:17 ヘキサメチルシクロトリシロキサン
 16:48 オクタメチルシクロテトラシロキサン
 20:10 デカメチルシクロペンタシロキサン
 23:23 ドデカメチルシクロヘキサシロキサン

4. 結言

電子部材や自動車内装材に起因して揮散する揮発性有機汚染ガスのうち、特に評価が必要とされているVOC類7物質およびSVOC類6物質を、ガスクロマトグラフ質量分析装置を用いて定性・定量分析法について検

討を行った結果、1～2ngの定量下限で定量可能であることを確認した。さらに環状シロキサンの分析法および、VOC・SVOC類一括分析法の確立も行った。

5. 謝辞

研究を進めるうえで、東北文化学園大学野崎敦夫教授、並びに研究室の皆様にご助言をいただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 「マルチベット型捕集剤を用いたVOC測定法の検討」, 北海道林産試験場報 第19巻 第3号 7-12 (2005)
- 2) 「パージトラップ法を用いた揮発性有機化合物のGC/MSにおける問題点」, 埼玉県公害センター研究報告[21] 67-76 (1994)
- 3) 「チャンバー内吸着-加熱脱着法によるノートパソコンから放散されるSVOC測定」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 959-960 (2003)

高密度基板EMC設計手法の研究

長岩功・岩間力・氏家博輝
機械電子情報技術部

電子機器の小型化により、電子基板の小型化が進み、配線もより細く、より狭い間隔になってきている。配線の寸法が変化すると、特性インピーダンスや伝送特性等の性能に変化が現れる。また、配線同士の間隔が狭くなることにより、その相互干渉が発生することになる。このことは電子機器の誤動作、意図しない不要放射ノイズを発生させる原因となり、EMC対策が必要となる。

本研究では、高密度な電子基板の設計段階からEMC対策を考慮した設計をするために隣接した基板上の配線パターンの相互の干渉について、配線幅や基板の厚さ、配線間の距離等の寸法による影響をシミュレーションと実測において解析し、配線間の干渉を低減する手法の影響を明らかにした。

キーワード: EMC, 配線, シミュレーション

1. 諸言

小型化、高性能化が進む電子機器においては、必然的に電子回路プリント基板自体も小型化し、また実装密度も向上し、微細な配線となっている。そのためプリント基板上でのIC同士や配線同士が近接し電磁的干渉が発生してしまう。このことは誤動作の原因になる信号波形の乱れを引き起こす他、不要放射ノイズを増す原因にもなる。このように電子機器の小型化により電子回路プリント基板の設計がますます困難になってきている。

そこで本研究では、第一に配線同士の電磁的干渉に着目し、シミュレーションにより配線の幅や間隔、基板厚さ等による相互干渉の変化を把握しながらプリント基板の設計を行う技術を蓄積するとともに、GHz帯における高密度基板EMC設計手法としてまとめ、公開することを目的とする。

2. 解析内容

本研究では高密度化した基板における配線同士の干渉と誤動作の原因となる特性インピーダンスの変化に着目し、以下の項目についてシミュレーションと実測により解析を実施した。

- ・配線幅、基板厚と特性インピーダンスの変化
- ・配線間のGNDの干渉抑制効果
- ・配線間の干渉の変化
- ・配線間距離の放射ノイズへの影響

このうち配線間のGNDの干渉抑制効果、配線隣接距離による干渉変化、配線間距離の放射ノイズへの影響について述べる。

表 1 基板の寸法 線間 10mm

	厚(μm)	寸法(mm)
信号ライン	35	100×2.9 図 1 中 a
基板	1530	100×35.8 図 1 中 c
GND	35	100×9.7 図 1 中 b

表 2 基板の寸法 線間 0.55mm

	厚(μm)	寸法(mm)
信号ライン	35	100×2.9 図 1 中 a
基板	1530	100×26.3 図 1 中 c
GND	35	100×0.25 図 1 中 b

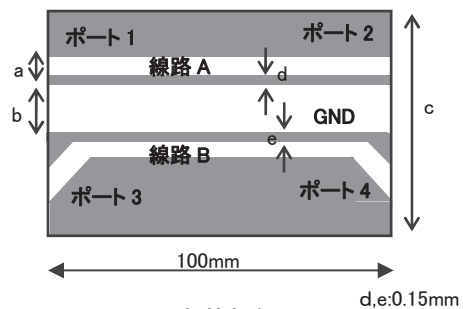


図 1 測定基板概要

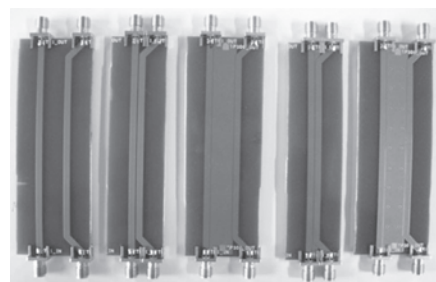


図 2 測定基板外観

2.1 配線間のGNDの干渉抑制効果

2つの配線が並列している場合とその配線間にGNDを設けた場合についてシミュレーションおよび実際の基板で測定し干渉抑制効果について確認した。

対象基板は裏面GND、板厚1.53mm、配線幅2.9mm、コア材の比誘電率が4.4、配線長は100mmである。配線間隔は10mmと0.55mmでそれぞれの配線の間にも何もない場合とGNDを配置した場合の4通り、また線間隔10mmの場合は裏面GNDと線間GNDの接続にビア4個の場合と12個の場合のあわせて5通りについて実施した。ビア4個の場合は基板端から4.2mmの位置に間隔6.5mmで基板の両端に配置、12個の場合は基板両端のビアの間に6.5mm間隔で配置した。配線からの距離は1.6mmとした。

測定基板の寸法等を表1、表2、測定基板寸法を図1、外観を図2、ビアの位置を図3に示す。

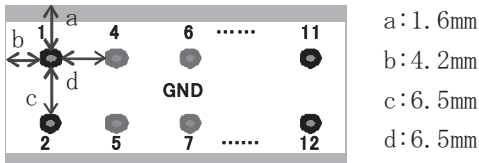


図3 ビアの位置

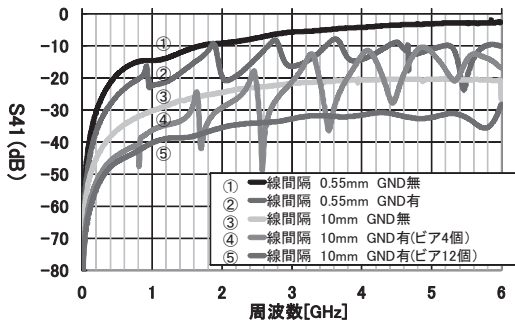


図4 線間にGNDを配置した場合のS41 (シミュレーション)

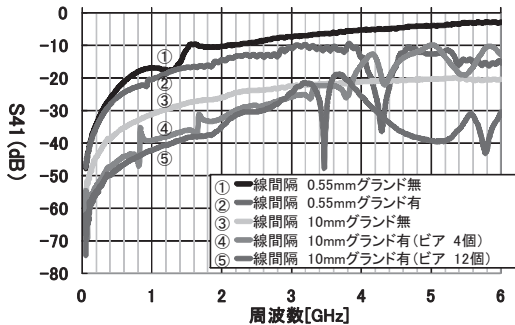


図5 線間にGNDを配置した場合のS41 (実測)

図1の基板でポート1からポート4への信号の伝達(S41)を線路Aから線路Bへの干渉としシミュレーションおよび実測によりもとめた。ポート2, 3について50Ωで終端している。その結果を図4に示す。また実測の結果を図5に示す。

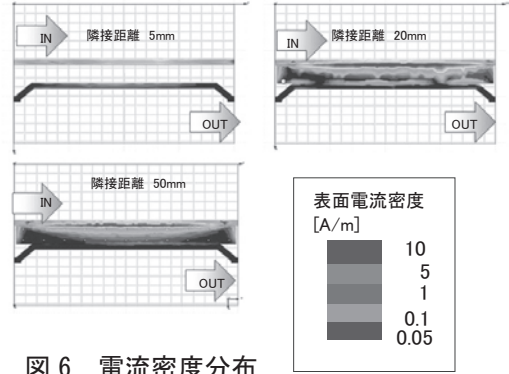


図6 電流密度分布 (シミュレーション 周波数:1GHz)

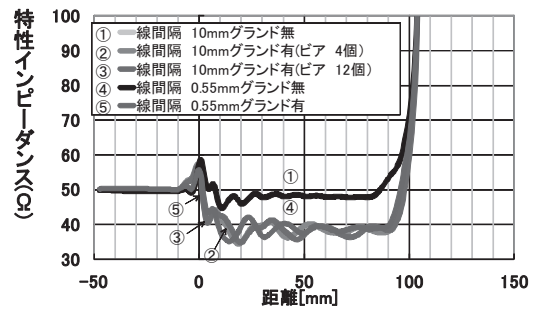


図7 特性インピーダンス

配線間にGNDを配置した場合はGNDがない場合に比べて5~10dB程度線路Aから線路Bへの干渉が低下する。ただしビアが少ない場合は周波数によっては、GNDがない場合よりも干渉が大きくなる。GNDのビアが多い場合は少ない場合に比べて周波数による変動が少ない。実測の場合も、2GHzの帯域までは同様な傾向が得られた。2GHz以上になるとシミュレーションと実測で傾向が一致しない周波数帯が確認された。この原因については、現在検討中である。

また、配線間隔10mmの場合の電流密度分布のシミュレーション結果を図6に示す。GND面に電流が集中しており、隣の配線の電流が少ないことがわかる。

なお今回は配線幅を一定の場合で比較しているため、特性インピーダンスが配線間隔や配線の隣にGNDを配置することにより変化している。実測に使用した基板の特性インピーダンスを図7に示す。

2.2 配線間の干渉の変化

隣接する配線の距離の長短による干渉(S41)の変化についてシミュレーションおよび実際の基板で測定し、確認した。

隣接する長さ(図8中e)はそれぞれ5mm, 20mm, 50mm, 100mmとし、その際の配線の間隔(図8中d)は0.125mmとした。

表3 基板の寸法

	厚(μm)	寸法(mm)
信号ライン	35	100×2.9 図1中a
基板	1530	100×28.8 図1中c

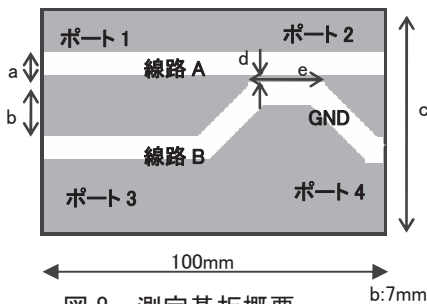


図8 測定基板概要

シミュレーションの結果を図9に、実測の結果を図10に示す。また、電流密度分布を図11に、特性インピーダンスの変化を図12に示す。

隣接する長さが5mmの場合、配線間隔が10mmの場合と比較すると、シミュレーションの場合は1GHz付近までは同程度の干渉となることが分かる。ただし、周波数による干渉の増減が大きい。また、隣接する長さが長くなるに従い、干渉の度合いも大きくなり、20mm隣接することにより10dB程度干渉が大きくなる。実測の場合もほぼ同様の傾向にある。

2.3 配線間距離の放射ノイズへの影響

配線が隣接し配線間の干渉が大きい場合と、隣接せず干渉が少ない場合において、配線に加えられた信号がどの程度放射ノイズに変化するかを電波暗室にて確認した。

測定の構成を図13に示す。基板の概要は図1のとおりである。基板のポート1にトラッキングジェネレータの出力を接続し、その他のポートは50Ωにて終端した。受信アンテナと基板との距離は3mで、受信アンテナは高さ1~4mの範囲で掃引させ、最大値を記録した。基板の位置と向きは固定である。

測定した基板の種類は2.1の場合と同様の5通りである。

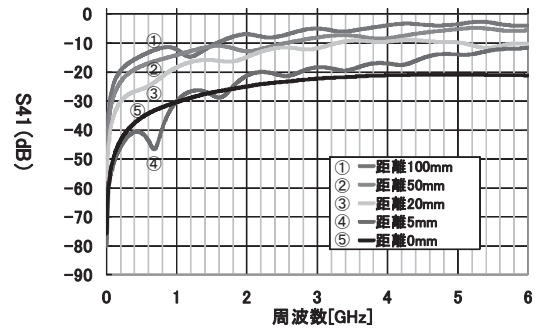


図9 隣接距離によるS41の差(シミュレーション)

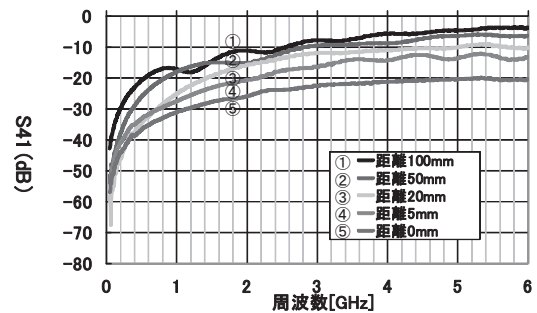


図10 隣接距離によるS41の差(実測)

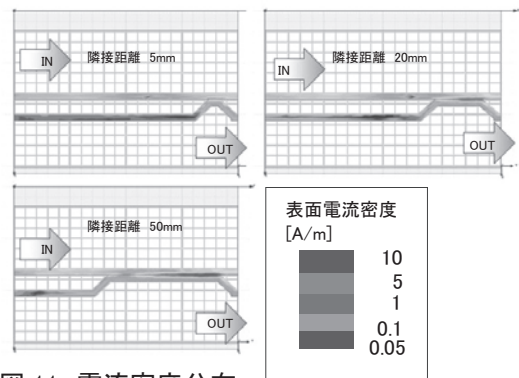


図11 電流密度分布(シミュレーション 周波数:1GHz)

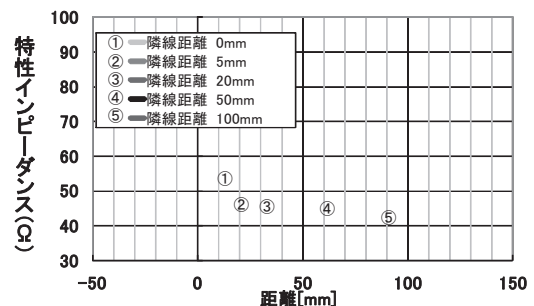


図12 特性インピーダンス

測定結果を図14に示す。測定結果からは配線の干渉の大きさと放射ノイズの間に相関は得られなかった。

3. 結果および考察

今回、配線間の寸法や構造についてシミュレーションと実測により特性インピーダンスや干渉等の特性について解析を実施した。

今回の解析から以下の結果を得ることができた。

- ・配線間にGNDを配置した場合、GNDが無い場合に比べて干渉が15dB程度小さくなる(配線間10mmの場合)。配線間隔が0.55mm、線間GND幅0.25mmの場合でも3~5dB程度の干渉低減効果がある。
- ・配線が狭い間隔(0.125mm)で長さ5mmで隣接する場合は、隣接しない場合(配線間隔10mm)と同程度の干渉であるが、2cmの長さで隣接した場合、線間干渉が10dB程度悪化する。
- ・今回設定したが試験モデル基板では、干渉の高低と放射ノイズ(実測)の間には相関は得られなかった。

今回の結果においては、配線間にGNDを配置することが配線間の干渉を低減するのに有効な手段であることが確認された。また、配線間の干渉と放射ノイズの関係について、明確な相関がなかった。これは、基板からの放射ノイズが配線の間隔だけではなく、基板の寸法やGND面の配置、外部配線等の影響が寄与しているためと考えられる。今後の新しい課題として配線や基板の寸法、GND面の配置と放射ノイズの関係について解析する必要がある。

4. 結言

高密度な電子回路基板を設計する際はシミュレーションを適切に使用し、配線の特性を確認しながら、基板設計を進めることが誤動作防止や低放射ノイズ化に重要である。

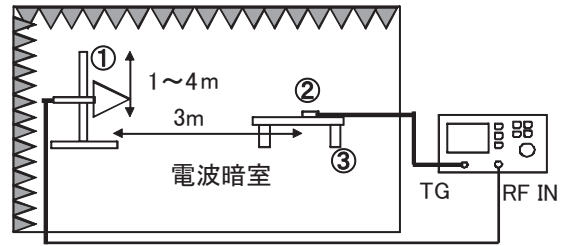


図 13 測定構成図

- ①受信アンテナ
- ②測定基板
- ③木製机 (高さ 80cm)

TG:トラッキングジェネレータ
RF IN:入力

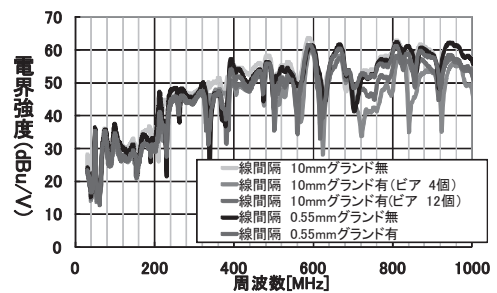


図 14 電界強度(実測)

今回の研究を通して高密度基板における配線についての知見を得ることができ、また、シミュレーションを用いた設計が可能となった。

今後、本解析結果をWebサイトへの掲載や当センターの電波暗室で閲覧可能とすることにより、高密度実装基板の設計支援を実施していく予定である。

[謝辞] 本研究は平成19年度に(財)日本自転車振興会の補助により購入した「EMC統合回路設計システム」を使用しました。

Life Guard Design創設可能性の探究

伊藤 利憲・伊藤 克利・畠 純子
企画・事業推進部

世界や日本の各地において地震等の大規模災害が頻発している。本県においては、かつての宮城県沖地震、そして近年においても、宮城県北部地震、岩手・宮城内陸地震を経験し、県民の災害や安全に対する意識は高く、様々な意味で宮城県は注目を集めている。また、ユニバーサルデザインやキッズデザインなど、安全・安心を重視した製品へ関心が高まりを見せており、新たな市場が生まれつつある。そこで、宮城県の地域特性である高い安全・安心意識を地域資源と捉えて、製品開発を促進し、また産み出される製品から県民の安全レベルの向上を図るための、製品開発ガイドラインの提示を行った。

キーワード：デザイン、製品開発、地震、商品、安全、安心、ユニバーサルデザイン、キッズデザイン

1. 緒言

一般的に、地震対策製品は機能第一が求められ、安全を確保するための機能が何よりも最優先される。もちろん安全を確保するための製品であるが故に当然ではあるのだが、そのために、無骨なデザインがなされていたりしており、消費者の購入意欲喚起にまだ改善の余地があると考えられる。

そうしたことから、本来、とっさの際に用いられるべきものが押し入れの奥にしまわれたり、身の回りに防災製品をあまり買わなくなってしまう可能性がある。

地震等の災害は出来る限り発生しないことが好ましいが、不幸にも発生した場合、人命を救う可能性を少しでも上げるために、普段使いもでき、かつ、デザイン性にも優れた災害対策用品を増加させることが必要である。普段から身の回りに置きたくなる、身につけたくなるデザインの製品の考え方を整理することで、開発者やデザイナーにとっては、開発の目安になり、消費者にとっては、製品選択の目安になると考えられる(図1)。そこで、その製品開発の考え方をガイドラインとして集約し、製品実例試作と共にまとめた。

2. 安全・安心の考え方と背景

宮城県内の一部の町内会で実施された調査[*1]によると、地震対策として家庭で対策がされている(備えられている)ものとしては、最高の「懐中電灯」でさえ、配備率が平均して70%台と、まだまだ配備が完全ではない。また、同調査では、「水」「救急箱」などが40～50%台、であり、「ドア閉じ込め防止」や「ガラス飛散防止」などは10%にも満たない対策率となっている。商品を提供する側からの視点としてこれらから言えることは、10%台の対策率の商品に関しては、80%以上の提供の可能性があるということである。

世の中には、地震対策製品が多くあり、優れた機能がありながらも、一般消費者へは行き届いていないことが伺え、本質的な安全安心の向上にはまだまだ別なアプローチができる余地があると考えられる。

2008年に発生した名取市を中心とした断水事故では、2万世帯が断水の被害に遭った。その結果、名取市だけでなく宮城県内のホームセンターのポリタンクが品切れとなる状態が続いた。これは、災害が発生してから、必要なものを購入しようとしていては間に合わないことを示しており、平時からの対策が求められることを示した事例でもある。

そこで、本研究においては、消費者が平時から購入したくなるような災害対策製品を開発するべく取り組んだ。具体的には、日常使いもしたくなるようなデザイン性を有していながらも災害の時には役立つことで、購入が促進され、かつ身の回りに置きたくなり、マクロな視点での消費者の安全・安心向上が期待できる。

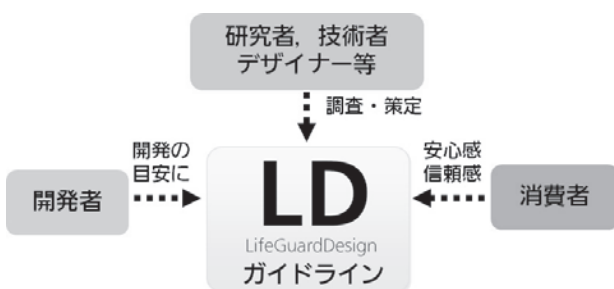


図1 ガイドラインの効果

3. Life Guard Designガイドラインの検討

「Life Guard Design」の考え方を明文化するにあたり、Life Guard Design概念定義と、5観点からなるガイドラインを仮定し、検討を行った。

このガイドラインの特徴としては、地震災害において、主に使われるであろう災害時間軸の考え方を盛り込んでいるところである(表1)。

表1 地震と時間軸の考え方

前	瞬間	2分以内	1h以内	48h以内	1週間	1ヶ月以上
事前教育	とっさ	自他の安否	自力脱出	救助	臨時生活	復興へ向けて

そして、ガイドラインの検討と並行して、新製品アイデアと既存製品にガイドラインを当てはめ、評価を行った。

この新製品アイデア出しとしては、ブレインストーミング法、TRIZの発想法を用い、収束技法としては、ハイライト法および番付法を用いた。

ブレインストーミング法は、アイデアの出しのフェーズと評価のフェーズを分けることを特徴とする汎用的な発想手法として知られており、また、TRIZは250万件以上の特許情報をベースとした技術的課題解決・発想法として用いられる。これらを用いて、自由かつ技術的実現性をも視野に入れたディスカッションを行った(図2)。

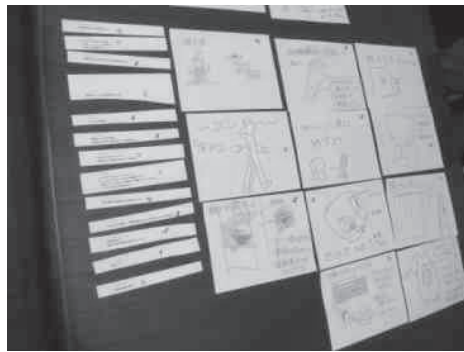


図2 アイデア出しの様子

場が出されたアイデアは、手作業でのRapid Prototypingを行うなどし、その場で試作して、その効果を確認しながら、アイデアの実現性を高めた(図3)。



図3 製品アイデアを簡易試作したもの



図4 3次元CGを用いたデザイン性の検討

こうした製品のアイデア抽出、絞り込み及びアイデア補強、CG化による概念アイデアの具体的可視化(図4)を行い、それを踏まえながらLDの仮定5観点についての評価検討を行った(表2)。

表2 LD5観点による評価表

(アイデアのLD5指標での評価)					
	1.人命保護	2.平易使用	3.時間軸考慮	4.平時可用性	5.多様状況
1アイデアver0	○	○	○ *直使*使用	○ オーディオ	○
ver1 (ひとみどめ)	◎ ユーザ安全	◎ 粘着部なし	○	◎ 粘着部なし	○
ver2 (扇通し穴付き)	△ 捨う音減る	◎ 風に強い	○	○~◎	○~◎
ver3 (蓋サン窓)	△	◎ かけるだけ	○	△~◎ ファッション	○ スゲー観察
2アイデア (プリントブル神製 告)	○~◎	○ ただし事前に印 刷必要	◎~◎ 批露後ネームタ グ使用	◎	△ 神製告は 貼りにくい
3アイデア(足跡 発電)	△	○ 踏むだけ	○ 直使~1Week	◎	○
製品 A	◎	◎	○	○	○
製品 B	◎	○	◎	△	○
製品 C	x	○	x	◎	△
製品案 D	○ スチームユニット 取り出し (モバ加道器)	○	○ 蓄電取り出し LED取り出し 温度アラーム	◎	○ 非平直OK パッケージ 手回し発電

その結果、既存の災害対策製品については、仮定した5観点にほぼ合致する評価となり、ガイドラインは既存の製品のメタ情報として機能することが可能になると考えられる。このことから、新たな製品アイデアを、災害対策用品として機能させたい場合、要改善点の抽出の際に示唆を得ることができるであろう。

こうした検討を踏まえてLife Guard Designの概念を「災害時にも有用であり、平時にも十分な可用性と高いデザイン性を有するモノ・コトの設計思想」と定義し、5観点からなるガイドラインを作成した(図5)。

1. 人命・財産保護への配慮

人命と財産、また人間らしい生活を維持する観点からの設計がなされていること。

2. 平易な使用法の追求

使い手の知識や能力に拠らず、なるべく多くの人々が直感的に取り扱えるための配慮がなされていること。

2. 肉体的に困難があっても使える

災害時の身体的もしくは非日常的不自由な生活環境においても使用が可能となるような配慮がなされていること。

4. 災害時のいつ使うかが明確

災害の前、直前、直後、生活復旧時などの使用時間軸を考慮した設計になっていること。

5. 平時にも使える考慮

日常的に使用可能な機能と審美性を有し、災害対策が無意識に日常生活に浸透するための配慮がなされていること。

図5 Life Guard Designガイドライン

4. Life Guard Design製品開発ハンドブックの制作

Life Guard Designの概念理解促進を目的に、ガイドラインを適用した商品事例を多く盛り込んだ「Life Guard Design製品開発ハンドブック」を編集・制作した。ガイドラインのみでは、なかなか具体的な製品イメージが想起しにくく、抽象的になりがちである。それを補強することを目的とした。制作プロセスとしては、まずはガイドライン策定とは逆のアプローチで、ガイドラインに基づくアイデア発想をブレインストーミング法を用いて行った。

安全・安心の機能を満たしながら、デザイン性も高く、普段使いもできる発想が可能となり、およそ1時間で実

現性の高い100を超えるアイデアが導出された。

これらアイデアをブラッシュアップし、高精度3次元CAD/CGや、Rapid Prototypingである光造形システムなどを用いて画像化および、手に取れる試作物製作を行い、その内容を冊子としてまとめた(図6)。

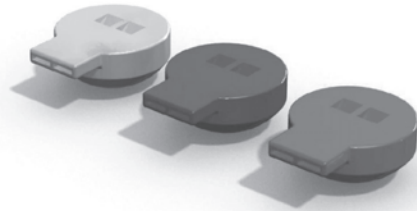


図6 製品アイデアの一例

5. 結言

「Life Guard Design」というまだなじみの無い概念をよりわかりやすくするにあたり、製品開発ハンドブックの制作に当たっては、具体例を多く取り入れるように努めた。ハンドブックに示した具体例は、若干の検討が必要な部分もあるが、Life Guard Designの概念や大まかな方向性を把握することができると思われる。

昨今では、「安全・安心」を学科名として掲げる大学もあるなど、安全・安心という言葉が社会的認知を得て久しい。その一方で十把一絡げに安全・安心と言っても、対象とするユーザーや場面によって求められる安全・安心の考え方が変わってくる。この「Life Guard Design」では、災害、特に地震に対しての製品開発の方向性を示唆した。安全・安心というキーワードから、範囲を少し限定し、なおかつ、具体的な製品開発のための検討ができるようにしている。

この研究においては、デザインという側面から、安全・安心を向上し、なおかつ経済活動も促進する二面性を探究し、その道筋を提供したものである。製品開発側にとっては開発促進がなされ、消費者にとっては商品購入の動機の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 文部科学省防災研究成果普及事業 迫り来る宮城県沖地震に備えた地域防災情報の共有化と地域防災力高度化戦略 パンフレット -住民の防災意識調査とインセンティブ防災マップづくり, 宮城県・仙台市・東北大学災害制御研究センター, 2006

組み込み用マルチプロセッサ対応リアルタイムOSの開発

今井 和彦・小野 仁・堀 豊
機械電子情報技術部

対称型マルチプロセッサのスループット(性能)と機能分散型マルチプロセッサのリアルタイム性を両立するため、マルチプロセッサ向けリアルタイムOS FMPカーネル¹⁾(Flexible Multiprocessor Profile)を開発した。マルチプロセッサSH2A-DUAL向け機種依存部について設計と実装を行い、OSが仕様を満たすことが確認できた。

キーワード：マルチプロセッサ, 対称型, 機能分散型, リアルタイムOS, リアルタイム性, スループット

1. 緒言

近年、組み込みソフトウェアの大規模化、複雑化に伴い、組み込み用プロセッサにはますます高い性能が求められるようになってきている。これまでは「ムーアの法則²⁾」を背景として、主にクロック周波数を高くすることによりプロセッサの高性能化が図られていた。しかし、リーク電流による消費電力の急激な増大が無視できなくなり、もはやこの方法での高性能化は頭打ちになっている。特に組み込みシステムでは、一般にパソコンよりも低消費電力化の要求は強く、バッテリーの駆動時間の問題に加え、発熱の問題もある。プロセッサの低消費電力化について有効な技術として、クロック周波数が低く性能/電力比の有利な領域で複数のプロセッサ(コア)を用いて処理を行うマルチプロセッサ技術が知られている。

しかし、パソコン向けのマルチプロセッサ用OSをそのまま組み込みシステムに適用することは問題があり、組み込みシステムに適用するには以下の条件を満たす必要がある。

- (1) 高いスループットとリアルタイム性の両立
一般にトレードオフの関係にあり、両立することが難しい。
- (2) ソフトウェアの再利用性
 - (a) 上位互換のAPI (Application Programming Interface)により、過去のシングルプロセッサ用のソフトウェア資産をマルチプロセッサにシームレスに移行できる。
 - (b) プロセッサ間通信をサポートし、アプリケーションは通信相手が同一プロセッサ内/外のどちらなのかを区別する必要がない。

本研究ではこれらの条件を兼ね備えたマルチプロセッサ向けリアルタイムOS FMPカーネルを開発し、動

作確認を行った。

2. 開発方法

2.1 開発ターゲット

開発に用いたマイコンボードを図1に、機材の諸元を表1に示す。

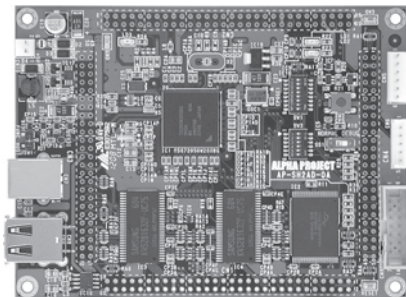


図1 SH2A-DUALマイコンボード

表1 SH2A-DUALマイコン開発機材・諸元

種別	型番	メーカー (開発元)
ターゲット環境		
プロセッサ	SH2A-DUAL (SH7205)	ルネサスエレクトロニクス(株)
ボード	AP-SH2AD-0A	(株) アルファプロジェクト
ホスト環境		
処理系	gcc-4.1 ³⁾	GNU
JTAG デバッガ	Code Debugger DR-01	ビットラン(株)

SH2A-DUALプロセッサは、国内の組込みシステムで高いシェアを持っている⁴SuperHシリーズをマルチコア化したプロセッサである。開発成果の普及を促進する目的で、開発ターゲットのマイコンボードは非常に安価なものを選定しており、中小企業でも開発成果を容易に試せるように考慮している。

2.2 設計方針

組込みシステムにおいて、マルチプロセッサ用リアルタイムOSに求められる条件を表2に示す。

(1)については、多くの対称型マルチプロセッサ用OSでは、OS側でタスクを実行するプロセッサを割り当て、プロセッサ間で負荷に大きな隔たりがあれば、タスクを負荷の低いプロセッサに移動(タスクマイグレーション)し、システム全体としてスループットを最大化するようにしている。この方式は、空いているプロセッサを有効活用でき、スループットの面では有利だが、タスクマイグレーションのタイミングをアプリケーションから全く制御できず、タスクマイグレーションの際には一時的に応答性が下がり、リアルタイム性の面で難点がある。この点を改善するため、FMPカーネルではOSによる自動的なタスクマイグレーションは行わず、アプリケーションからの明示的なAPI呼出しによってのみ、タスクマイグレーションする方式を採用し、メカニズムとポリシーを分離している。これにより、アプリケーションが予期せぬタイミングでタスクマイグレーションされ、一時的にリアルタイム性が損なわれることがなくなった。

表2 組込みシステム用マルチプロセッサOSに求められる条件

(1) 高いスループットとリアルタイム性の両立
一般にトレードオフの関係にあり、両立することが難しい。
(2) ソフトウェアの再利用性
(a) 上位互換のAPI (Application Programming Interface)により、過去のシングルプロセッサ用のソフトウェア資産をマルチプロセッサにシームレスに移行できる。
(b) プロセッサ間通信をサポートし、アプリケーションは通信相手が同一プロセッサ内/外のどちらなのかを区別する必要がない。
(3) アーキテクチャ最適化
様々なプロセッサ・アーキテクチャ(特にメモリ・アーキテクチャ)への最適化を可能とする。
(4) カーネル・コード共有
カーネルの命令コード(バイナリコード)はすべてのプロセッサ・コア間で共有する。

(2)については、FMPカーネルもシングルプロセッサ用リアルタイムOS ASPカーネル⁵(Advanced Standard Profile)のAPIに準拠しており、過去のソフトウェア資産を容易に移行できるよう考慮している。また、同期通信機能についてもプロセッサ内通信と上位互換のプロセッサ間通信用APIを備えており、アプリケーション自体を変更することなしに、どの処理をどのプロセッサに割り当てるかを柔軟に変更できるようになっている。

これらの条件を満足するようFMPカーネルは設計されている。

FMPカーネルでは、機種依存部と非依存部(共通部)が明確に分離されており、プロセッサ・アーキテクチャ毎に以下の項目を選択できる。

(a) ロック方式

カーネルがプロセッサ間の排他制御を行うためのメカニズムとして、以下の3種類のロック方式から選択可能である。

(a-1) ジャイアント・ロック

単一のロックでシステム内のすべてのカーネルデータを排他制御する。

(a-2) プロセッサ・ロック

プロセッサ毎にロックを用意する。

(a-3) 細粒度ロック

プロセッサ毎のロックに加えて、オブジェクト(タスク1,2,3...やイベントフラグ1,2,3...)毎にロックを用意する。

一般にロック単位が細かいほど、カーネルの並列度が上がり、プロセッサ数に対してスケラビリティがあるが、オーバーヘッドが増える。SH2A-DUAL依存部ではプロセッサ数が2個と少ないため、ジャイアント・ロック方式を採用している。

(b) タイマ方式

カーネルに時刻の経過を通知するタイマの方式

(b-1) ローカル・タイマ

プロセッサ毎にタイマを用意する。

(b-2) グローバル・タイマ

システム全体で1つのタイマを使用する。

SH2A-DUAL依存部では、グローバル・タイマ方式を用いている。

(c) メモリ・アーキテクチャ

マルチプロセッサのメモリ・アーキテクチャは、コストと性能のバランスを考慮して、以下の3種類の組み合わせであることが多い。

(c-1) グローバル・メモリ

すべてのプロセッサ・コアから等しい速度でアクセスできる。一般的にアクセス速度は遅い。

(c-2) ローカル・メモリ

特定のプロセッサ・コアからは高速にアクセスでき、他のプロセッサ・コアからは低速でアクセスできる。

(c-3) プライベート・メモリ

特定のプロセッサ・コアからしかアクセスできないが、非常に高速。内蔵メモリとなるため、メモリ容量はあまり大きくできない。

SH2A-DUAL依存部では、割込みハンドラのスタック領域をプライベート・メモリに、その他の処理をグローバル・メモリに割り当てている。

3. 実験結果

表3に示す項目のテストを行い、期待する動作となることを確認した。例として、テスト項目27のタスクマイグレーションが実行されている様子を図2に示す。左半面がプロセッサ1、右半面がプロセッサ2の実行結果を示しており、サービスコールmig_tskによりタスク1_1がプロセッサ1からプロセッサ2へマイグレーションされていることが分かる。

4. 結言

組込みシステムに求められる高いスループットとリアルタイム性を両立するリアルタイムOS FMPカーネルを開発し、SH2A-DUAL用機種依存部の設計と実装を行った。開発成果は平成22年5月12日に公開した¹⁾。

今後の課題としては、より厳密な検証⁶⁾、性能評価、プロセッサ毎の負荷の計測などが挙げられる。

表3 テスト項目

No.	テスト項目
1	対象タスクをact_tskにより起動する。
2	対象タスクに対する起動要求をcan_actによりキャンセルする。
3	対象タスクにext_tskを呼び出させ、終了させる。
4	対象タスクをter_tskにより他のタスクから強制終了させる。
5	対象タスクの優先度を変更する。
6	対象タスクの優先度をget_priで読み出す。
7	プロセッサIDをget_pidで読み出す。
8	対象タスクにslp_tskを呼び出させ、起床待ちにさせる。
9	対象タスクにtslp_tsk(10秒)を呼び出させ、起床待ちにさせる。
10	対象タスクをwup_tskにより起床する。
11	対象タスクに対する起床要求をcan_wupによりキャンセルする。
12	対象タスクをrel_waiにより強制的に待ち解除にする。
13	対象タスクをsus_tskにより強制待ち状態にする。
14	対象タスクの強制待ち状態をrsm_tskにより解除する。
15	対象タスクにdly_tsk(10秒)を呼び出させ、時間経過待ちにさせる。
16	対象タスクに例外処理を要求する。
17	対象タスクにdis_texを呼び出させ、タスク例外を禁止する。
18	対象タスクにena_texを呼び出させ、タスク例外を許可する。
19	レディキューを回転させる。
20	周期ハンドラを動作開始させる。
21	周期ハンドラを動作停止させる。
22	アラームハンドラを5秒後に起動するよう動作開始させる。
23	アラームハンドラを動作停止させる。
24	アラームハンドラの割付けプロセッサを変更する。
25	CPUロック解除状態で対象タスクにCPU例外を発生させる。
26	CPUロック状態で対象タスクにCPU例外を発生させる。 対象タスクをmact_tskにより起動する。
27	mig_tskにより他タスクの割付けプロセッサを変更する。
28	対象タスクにmig_tskを呼び出させ、自タスクの割付けプロセッサを変更する。

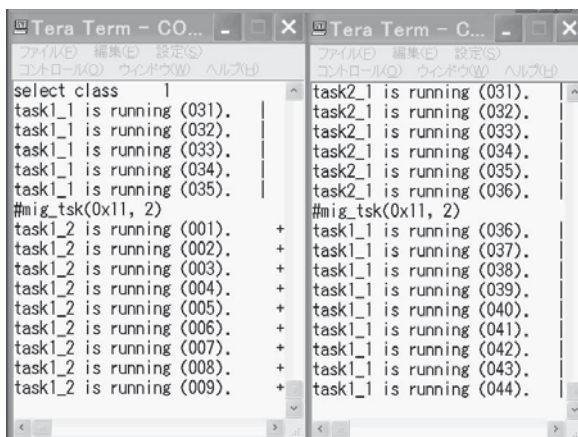


図2 タスクマイグレーションの実行例

謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた, NPO法人 TOPPERSプロジェクトおよび名古屋大学大学院 情報科学研究科 高田・富山研究室の方々に深く御礼申し上げます

参考文献

- 1) TOPPERSプロジェクト:TOPPERS/FMPカーネル
<http://www.toppers.jp/fmp-kernel.html>
- 2) "Cramming more components onto integrated circuits", Electronics Magazine 19 April 1965
- 3) GCC 4.1バイナリパッケージ
<http://www.superh-tkernel.org/jpn/download/tools/index.html>
- 4) (社)トロン協会: "2007年度 組込みシステムにおけるリアルタイムOSの利用動向に関するアンケート調査報告書", p.3(2007)
- 5) TOPPERSプロジェクト:TOPPERS/ASPカーネル
<http://www.toppers.jp/asp-kernel.html>
- 6) 嶋原一人, 松浦光洋, 金ハンソル, 金承燁, 馬鋭, 廉正烈, 金榮柱, 木村貴寿, 眞弓友宏, 本田晋也, 山本雅基, 高田広章: 組込みリアルタイムOS に対するAPIテストの実施, ソフトウェアテストシンポジウム 2010 予稿集, pp. 46-53 (2010)
- 7) 坂村健監修, 高田広章編: "μITRON4.0 仕様 Ver.4.02.00" トロン協会 (2004)
- 8) TOPPERS新世代カーネル統合仕様書,
http://www.toppers.jp/docs/tech/ngki_spec-110.pdf

食品テクスチャーにおける新たな評価指標の開発

千葉 亮司・今井 よしこ・有住 和彦*・原田 牧人**

食品バイオ技術部

* 企画・事業推進部

** 互理農業改良普及センター

平成19年度に実施した「高齢者向け食品の商品化可能性調査」において提案した6軸レーダーチャートを用いた食品テクスチャープロファイル(以下「6軸テクスチャープロファイル」)の活用を目指し、6軸テクスチャープロファイルデータの蓄積と適用可能性を探ると共に、各種食品の6軸テクスチャープロファイルに基づくテクスチャー設計技術開発に取り組んだ。さらに、品質管理向け簡易テクスチャー評価装置開発の可能性についても検討を行った。その結果、提案している6軸テクスチャープロファイルを用いて求める食感を設計することができる可能性を示すことができた。

キーワード：テクスチャー、動的粘弾性、滑り抵抗、6軸テクスチャープロファイル

1. 緒言

高齢者の増加に伴い、食物を噛み砕き飲み込むという一連の動作に障害をもつ、いわゆる咀嚼・嚥下困難者が増加している。特に嚥下困難者は窒息や誤嚥性肺炎を起こしやすいため、咀嚼・嚥下困難者の栄養管理の安全性確保のため栄養摂取の方法を経口から経管や胃瘻あるいは経静脈へと変えなければならない場合がある¹⁾³⁾。経管や胃瘻あるいは経静脈栄養法は、食物を経口的に「食べる」ことができないという精神的苦痛を伴うため、Quality of Life(QOL)の改善という観点からは、できるだけ「口から食べられる食事」を工夫すること⁴⁾、さらに個々の摂食・嚥下困難者に適した物性の食品を提供するために参考となる食品物性に関する情報の整備が重要である⁵⁾。

こうした状況のもと、経口摂食が可能で食べる楽しみが得られ、かつ摂食機能を向上させることができる食品として、多くのゲル状食品が販売されている。これらゲル状食品を安全に摂食可能とするために求められる食感や機能性として、(1)付着性が小さいこと(2)適度な保形性があること(3)食塊形成性がよいこと(4)離水が少ないことなどが挙げられる⁶⁾。

このようなゲル状食品の喫食時の口腔感覚を予測する指標としてテクスチャー測定がしばしば用いられている⁷⁾¹⁰⁾。テクスチャー測定は、ヒトの咀嚼動作を模倣した動きにより、食品の物性を数値化する測定方法である。テクスチャー特性値は官能評価との相関が高く、さらに測定も簡便に行うことができることから、厚生労働省が

定めた高齢者用食品表示許可基準においても、テクスチャー特性値の一つである「硬さ」が指標として用いられ、その範囲が定められている^{11),12)}。しかしながら、テクスチャー特性は硬さ、付着性および凝集性によって総合的に表されるものであり、食品の咀嚼しやすさを評価するための指標としては硬さのみでは不十分といえる。

一方、嚥下しやすさを的確に説明可能な客観指標については、動的粘弾性測定から得られる特性値を用いる試みが行われている^{6), 13)}。金谷らは動的粘弾性値を用いることにより嚥下食を5段階に分類できると報告している¹⁴⁾。また渡瀬は、様々なゲルやゾルについて動的粘弾性測定を行い、嚥下困難者に用いられることの多いゼラチンゼリーの動的粘弾性特性値との比較を行っている^{15),16)}、嚥下しやすさを的確に予測しうる客観指標については未だ検討段階である。

そこで本研究では、ゲル状食品の物性を総合的に捉え、さらにゲル状食品の飲み込みやすさを説明する指標を検討することを目的として、従来から取り組まれているテクスチャー測定ならびに動的粘弾性測定、さらに新たに「滑り抵抗」の指標を導入し、ゼラチンゼリーの特性値を基準に6種類の食品物性パラメーターを組み合わせ6軸レーダーチャートで表現する食品テクスチャープロファイル(以下「6軸テクスチャープロファイル」)の提案を行った。

また、食感の品質管理や食感改良による新食品開発への展開を目指し、6軸テクスチャープロファイルをコア技術としつつ、「ユーザーの嗜好を把握する方法」と「適切な製造条件を割り出す方法」を組み合わせたテクス

チャー設計技術開発にも取り組んだ。

さらに、品質管理向け簡易テクスチャー評価装置開発可能性についても検討を行った。

2. 実験方法

2.1 各種食品の6軸食品テクスチャープロフィール

標準試料としてはゼラチン[商品名:ゼラチンパウダー, 発売元:(株)フードケア]を用いた。また比較のための市販食品としてはプリン[商品名:プッチンプリン, 発売元:グリコ乳業(株)], ヨーグルト[商品名:ヨーグルト健康, 発売元:グリコ乳業(株)], 嚥下訓練食ゼリー[商品名:S・up 開始食黒みつ, 発売元:小田島アクティ(株)], わらびもち[商品名:やまざきわらび餅, 発売元:山崎製パン(株)]を用いた。

ゼラチンゼリー調製において、ゼラチン濃度は5%とした。これは20℃での硬さが厚生労働省特別用途食品そしゃく・えん下困難者用食品(ゲル)の堅さ基準値である $1 \times 10^4 \text{N/m}^2$ となる¹²⁾よう予備実験から決定した添加濃度である。ゼラチンゼリーの調製は、把手付きステンレスボウルに所定量の水道水とゼラチンを入れ膨潤後、湯煎にて加熱溶解し、室温にて降温後蒸発分を補正し、直径40mm、高さ15mmのステンレスシャーレに分注したものを冷蔵庫にて1昼夜冷却固化させ、続いて約20℃の室内で約4時間温度安定を行った試料を用いた。

ゼラチンゼリーのテクスチャー測定は、既報⁹⁾を参考に2kgfロードセルを装着したレオメーター(山電製 RE2-33005S)を用いて2バイトのテクスチャー測定を行った。20mm直径の円盤状プランジャーを用い、1mm/sの等速度でクリアランス5mmまで圧縮後、直ちにプランジャーを引き上げる動作を2回繰り返した。測定は5回行い、硬さ(最大荷重)、凝集性、付着性の平均値を求めた。

一方、市販食品のテクスチャー測定方法は、試料を直径40mm、高さ15mmのステンレスシャーレに充填し、ゼラチンゼリーと同様方法で測定を行った。

ゼラチンゼリー及び市販食品の動的粘弾性は、RS600粘弾性測定装置(Thermo HAAKE)を用い、応力依存を測定した。直径20mmの平行板治具を用い、カッターナイフにて予めスライスした試料を挟み込んだ治具のギャップを2mmに設定した。試料へ負荷する振動応力 τ は1Pa~1000Paの範囲内で指数的に与えた。周波数は1Hzとした。測定温度は20℃とした。測定したパラメーターは、弾性要素を表す貯蔵弾性率 G' [Pa], 粘性要素を表す損失弾性率 G'' [Pa]とした。各試料の比較には τ が10Paのときの G' および G'' を用いた。

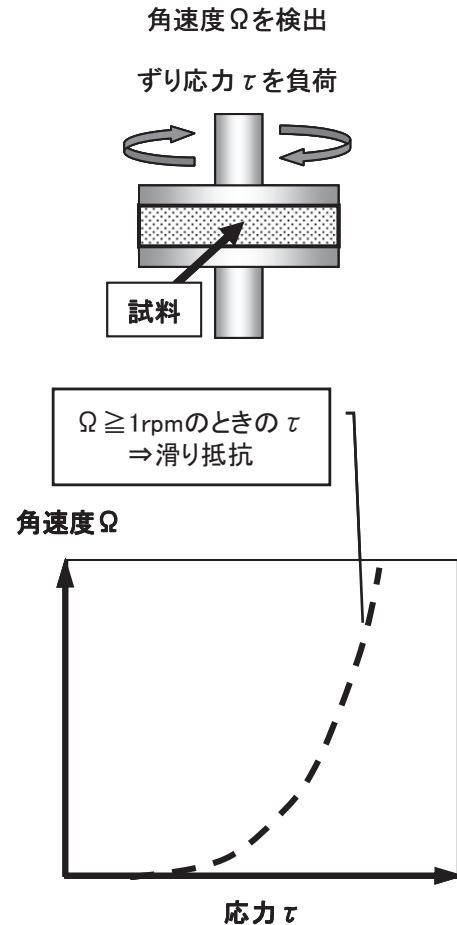


図1 「滑り抵抗」の測定方法

「滑り抵抗」の測定はRS600粘弾性測定装置を用い、粘度測定における降伏応力測定モードを応用して測定した。直径20mmの平行板治具を用い、カッターナイフにて予めスライスした試料を挟み込んだ治具のギャップを2mmに設定した。試料へ負荷する応力 τ は1Pa~10,000Paの範囲内で指数的に与えた。測定温度は20℃とした。測定したパラメーターは治具の回転数 Ω [rpm]とし、図1に示すように Ω が1rpmを超えたときの応力を「滑り抵抗」とした。

2.2 食品の工程パラメーターと6軸テクスチャープロフィールとの相関把握

2.2.1 「小豆羊かん」の製造条件と食品物性

6軸テクスチャープロフィール評価を軸に、製造条件割り出しのための「実験計画法」による試作を「重回帰分析」で関連付けるテクスチャー設計法について、ゼリー状食品である「小豆羊かん」をモチーフに検討を行った。

具体的には、小豆羊かんの原料である「小豆こし餡量」「グラニュー糖量」「寒天量」をパラメーターとして実

験計画法(L9直交表実験)にて原料配合を設定した。小豆羊かんの調製は、片手鍋に所定量の水道水と寒天を入れ膨潤後、ガスコンロにて加熱溶解し、所定量の小豆こし餡とグラニュー糖を添加し木べらにて攪拌分散後、直径40mm、高さ15mmのステンレスシャーレを入れたステンレスバットに分注したものを冷蔵庫にて1昼夜冷却固化させ、続いて約20℃の室内で約4時間温度安定を行った試料からを用いた。小豆羊かんの品質評価項目としてはゼラチンゼリーと同様に6軸テクスチャープロファイルの各軸に当たる「硬さ」「凝集性」「付着性」「貯蔵弾性率」「損失弾性率」「滑り抵抗」を測定し、原料配合と各評価項目との相関を重回帰分析にて求め、小豆羊かんの食品物性を表現するモデル式を得た。

2.2.2 飽和蒸気調理機を用いた加熱加工における加熱条件と食品物性

魚肉を対象として、飽和蒸気調理機を用いた加熱加工における加熱条件と得られる食感・食品物性の関係について調査した。

飽和蒸気調理機とは、飽和蒸気を使用することで圧力制御により60～130℃での加熱調理を行うことができる調理機である。沸騰による攪拌が起こらないため煮崩れが少ない、調理槽内の温度ムラがない均一な加熱ができる、などの特徴があり、高温加熱による骨まで柔らかい魚肉加工や低温加熱による硬くならない畜肉加工などに用いられている。

カツオ背側部を筋線維方向と垂直に厚さ20mmに切断したものを試料とし、調味液等の液体には浸けない蒸し状態で75℃、100℃、125℃でそれぞれ5分間および20分間加熱した。

加熱後の魚肉は測定のための試料調製が困難なことから、6軸テクスチャープロファイルのすべての軸の測定を行うことができなかつた。このため、6軸テクスチャープロファイルのうち、魚肉のかたさの評価に対して適切と考えられる「硬さ」に絞って測定した。測定にはクリープメータを用いた。φ12mm円柱プランジャーにより圧縮速度1mm/sec.で圧縮時の歪み-荷重曲線を得た。

また、感覚を定量化する手法であるSD法を用いた官能評価も行った。

2.3 品質管理向け簡易テクスチャー評価装置の仕様決定と機構考案

簡易な食品テクスチャー評価装置の開発のためには、必要となるテクスチャー評価項目の選定が前提となる。

このため、テクスチャー設計法の検討を行う中で必要となるテクスチャー評価項目についても検討を行い、並

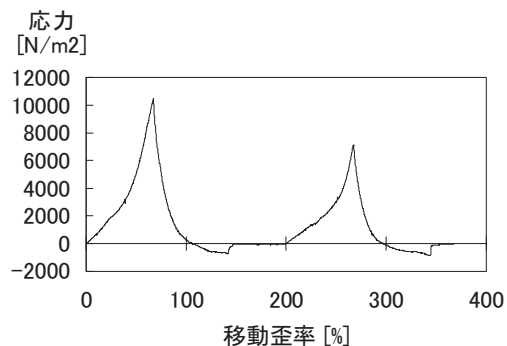


図2 ゼラチンゼリーのテクスチャー測定結果

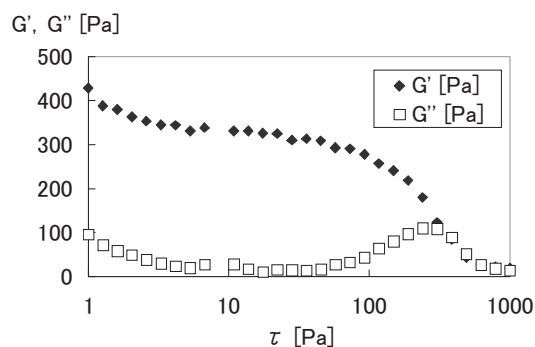


図3 ゼラチンゼリーの動的粘弾性

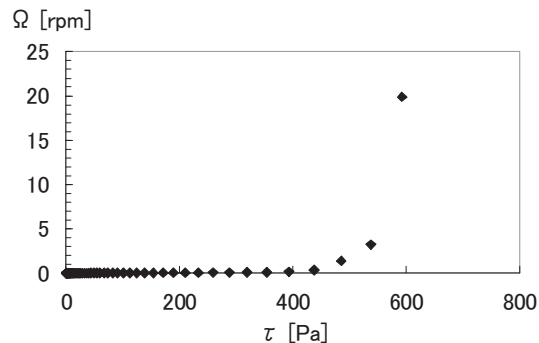


図4 ゼラチンゼリーの滑り抵抗

行して業界基準等に基づく既存食品における食品テクスチャー評価法の利用に関する現状と課題を調査したうえで、簡易食品テクスチャー評価装置の開発余地があるかどうか判断することとした。

3. 実験結果及び考察

3.1 ゼラチンゼリーおよび市販食品の物性

図2にゼラチンゼリーのテクスチャー測定結果を示した。一方図3にゼラチンゼリーの動的粘弾性の応力依存測定結果、図4に滑り抵抗測定結果を示す。また表1に

表 1 ゼラチンゼリーの物性

	貯蔵弾性率 G' [Pa]	損失弾性率 G'' [Pa]	硬さ [$\times 10^3 \text{N/m}^2$]	凝集性	付着性 [$\times 10^2 \text{J/m}^3$]	滑り抵抗 [$\times 10^2 \text{N/m}^2$]
ゼラチン (5%)	331	28.9	10.6 \pm 0.95	0.635 \pm 0.085	1.99 \pm 0.607	4.85

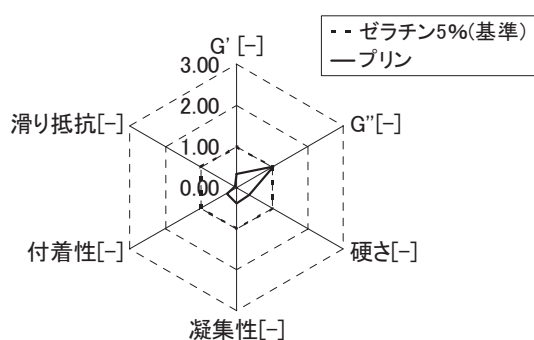


図 5 プリンの 6 軸テクスチャープロフィール

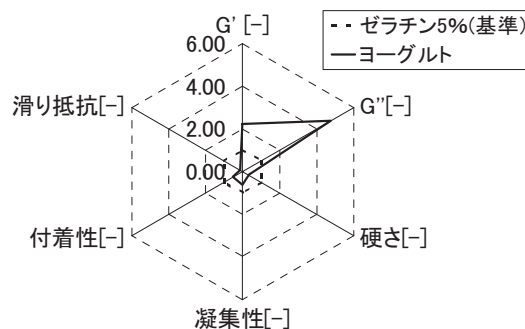


図 6 ヨーグルトの 6 軸テクスチャープロフィール

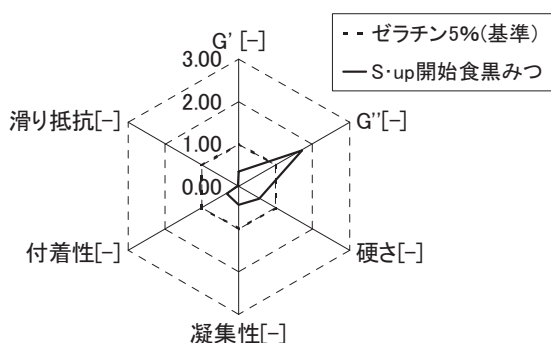


図 7 「S・up 開始食黒みつ」の
6 軸テクスチャープロフィール

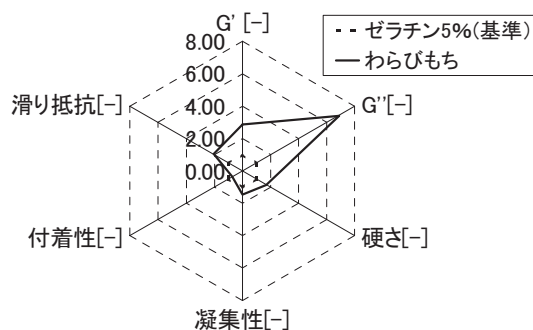


図 8 わらびもちの 6 軸テクスチャープロフィール

ゼラチンゼリーの物性をまとめた。

ゼラチンゼリーのテクスチャー測定においては5回の測定でほぼ同様の傾向を示したため代表的な測定結果を図2に示した。一方図3に示したゼラチンゼリーの動的粘弾性の応力依存測定の結果、応力 $\tau = 10 \text{Pa}$ ではゼラチンゼリーは線形領域に位置していた。

一方「滑り抵抗」の測定は粘度測定における降伏応力測定モードを応用して測定した。本来、粘度測定における降伏応力測定は試料全体に均一な剪断速度を与えられるコンプレート型治具あるいは共軸二重円筒型治具を装備した応力制御型の粘度測定装置を用いて行うべきものであるが、今回は対象サンプルがゲル状であるため、平行板型治具を用いて測定を行った。また、降伏応力測定では治具形状と治具回転数 Ω から算出される剪断速度 ($d\gamma/dt$) の増加に対し応力 σ をプロットし、得られた曲線から降伏応力を求めるものである

が、「滑り抵抗」の測定においては治具の回転数 $\Omega = 1 \text{rpm}$ を超えたときの応力を「滑り抵抗」とした。

次に図5から図8にゼラチンゼリーの物性測定値を基準に市販食品の物性測定値を相対表示したレーダーチャートを示す。このレーダーチャートは上から時計回りに貯蔵弾性率 G' 、損失弾性率 G'' 、硬さ、凝集性、付着性、滑り抵抗の6本の軸で表されるため、「6軸テクスチャープロフィール」と呼ぶこととした。

図5に示した市販プリン6軸テクスチャープロフィールでは、市販プリンはゼラチン5%ゲルと比較して G' が0.34倍、 G'' が1.02倍、硬さが0.35倍、凝集性0.38倍、付着性0.29倍、滑り抵抗が0.05倍と各特性値が小さいため、ゼラチン5%ゲルより軟らかく崩れ易く、かつ滑りやすい特性と推測された。

図6に示した市販ヨーグルトの6軸テクスチャープロフィールでは、市販ヨーグルトはゼラチン5%ゲルと比較

表2 小豆羊かんの試作実験原料配合表

実験 番号	小豆こし餡量 [g/kg]	グラニュー糖量 [g/kg]	寒天量 [g/kg]	水添加量 [g/kg]
1	218	98.7	2.4	681
2	218	197.6	5.0	580
3	218	296.0	7.4	479
4	435	98.6	5.0	461
5	436	197.4	7.4	360
6	436	296.3	2.4	266
7	652	98.8	7.4	242
8	645	201.6	2.4	151
9	652	296.7	5.0	46

してG'が2.25倍、G''が4.77倍、硬さが0.33倍、凝集性0.62倍、付着性0.52倍、滑り抵抗が0.14倍となり、G'およびG''が大きい一方、硬さや凝集性、付着性、滑り抵抗が小さかった。動的粘弾性特性値であるG'およびG''は微小応力($\tau=10\text{Pa}$)負荷時の微小変形領域の弾性率から求められる特性値である一方、テクスチャー測定から求められる硬さや凝集性、付着性、あるいは粘度測定における降伏応力測定モードの応用した滑り抵抗は試料の構造破壊が起こり得る大変形領域の特性値と考えられる。したがって市販ヨーグルトはゼラチン5%ゲルと比較して微小変形領域では硬いが、大変形領域では軟らかく崩れ易く、かつ滑りやすい特性と推測された。

図7に示した嚥下訓練食ゼリーである「S・up開始食黒みつ」の6軸テクスチャープロファイルでは、S・up開始食黒みつはゼラチン5%ゲルと比較してG'が0.35倍、G''が1.71倍、硬さが0.56倍、凝集性0.43倍、付着性0.34倍、滑り抵抗が0.03倍となり、G''が大きい一方、G'や硬さ、凝集性、付着性、滑り抵抗が小さかった。動的粘弾性特性値G''はずり振動応力負荷に対するずり振動変形においてエネルギー損失(振動減衰)に影響する粘性要素の寄与を表す特性値である。一方G'はずり振動応力負荷に対するずり振動変形においてエネルギー貯蔵に影響する弾性要素の寄与を表す特性値で、変形しやすさを表すと考えられる。したがってS・up開始食黒みつはゼラチン5%ゲルと比較して微小変形領域では小さな力で容易に変形するが振動を与えた場合には比較的短時間で振動が止まるようなゼリーである一方、大変形領域では軟らかく崩れ易く、かつ滑りやすい特性と推測された。

図8に示した市販わらびもちの6軸テクスチャープロファイルでは、市販わらびもちはゼラチン5%ゲルと比較してG'が2.87倍、G''が6.86倍、硬さが1.68倍、凝集性1.44倍、付着性0.71倍、滑り抵抗が2.06倍となり、G'や

G''、硬さ、凝集性、滑り抵抗が大きい一方、付着性が小さかった。したがって市販わらびもちはゼラチン5%ゲルと比較して微小変形領域では変形しにくく、大変形領域では丈夫で破壊しにくく、かつ滑りにくいため、咀嚼および嚥下が困難な特性と推測された。

今回提示した「6軸テクスチャープロファイル」の特徴は(1)食品テクスチャーの多面的評価が可能、(2)現在提案されている主な嚥下食評価基準を包含している、(3)入手や調整が容易で、かつ現場のケアスタッフ等が感覚的に理解しやすいと思われる市販ゼラチン[商品名:ゼラチンパウダー、発売元:(株)フードケア]の5%ゲルを標準試料とした、(4)ゼラチン5%ゲルのテクスチャープロファイルを基準に各評価軸を相対値で表示することにした、の4点である。これにより直感的に食品別のテクスチャー特性の把握を容易にし、あるいは市販食品等の食品物性を6軸テクスチャープロファイルデータとして蓄積し共有していくことで、市販食品から咀嚼・嚥下困難者向け食品を選択する際の一助とすることも可能と考えている。さらに6軸テクスチャープロファイルの応用として、咀嚼・嚥下困難者向け食品の新たなテクスチャー設計技術の構築が期待できる。

一方、6軸テクスチャープロファイルを構成する各特性値のうち、動的粘弾性特性のG'、G''、テクスチャー特性の硬さ、凝集性、付着性については従来から多くの検討が行われている特性値であるが^{18), 19)}、今回新たに導入した特性値である「滑り抵抗」についてはさらなる検討が必要と考えている。この「滑り抵抗」は粘度測定における降伏応力測定を応用し、原理的には試料と治具間の見かけの動摩擦力を測定しているものと考えられるが、測定に用いた装置機能の制限から試料に対し一定の垂直荷重を与えられないことや試料表面の離水等の影響が含まれるため測定値の解釈が難しいため、今後の課題である。

表 3 小豆羊かんの 6 軸テクスチャープロファイルデータ

実験 番号	硬さ [N/m ²]	凝集性 [-]	付着性 [J/m ³]	貯蔵弾性率 G' [Pa]	損失弾性率 G'' [Pa]	滑り抵抗 [Pa]
1	7,388	0.169	858	6,956	1,872	319
2	30,695	0.172	1,420	5,704	1,911	210
3	74,501	0.184	1,838	6,402	1,441	392
4	38,239	0.198	1,852	16,420	5,215	663
5	89,380	0.195	3,510	28,960	9,467	1,243
6	26,533	0.181	1,320	8,736	3,309	394
7	96,664	0.242	5,520	83,570	26,440	3,530
8	35,898	0.149	2,253	46,520	14,540	1,113
9	24,140	0.310	3,858	28,560	10,530	1,245

表 4 小豆羊かんの物性制御モデル式

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3$$

品質特性値 y	切片 a ₀	小豆こし餡量	グラニュー糖量	寒天量
		X ₁ [g/kg]	X ₂ [g/kg]	X ₃ [g/kg]
		係数 a ₁	係数 a ₂	係数 a ₃
硬さ [N/m ²]	-2.41 × 10 ⁴	331	-28.1	1.26 × 10 ⁴
凝集性 [-]	7.82 × 10 ⁻²	1.37 × 10 ⁻⁴	1.09 × 10 ⁻⁴	8.33 × 10 ⁻³
付着性 [J/m ³]	-1.72 × 10 ³	5.79	-2.07	426
貯蔵弾性率 G' [Pa]	-1.80 × 10 ⁴	107	-106	3.66 × 10 ³
損失弾性率 G'' [Pa]	-6.74 × 10 ³	35.7	-30.7	1.14 × 10 ³
滑り抵抗 [Pa]	-899	3.84	-4.20	218

3.2 食品の工程パラメーターと6軸テクスチャープロファイルとの相関把握

3.2.1 「小豆羊かん」の「小豆羊かん」の製造条件と食品物性

表2にL9直交表割り付けを行った「小豆羊かん」の原料配合表を示す。今回取り上げた因子は小豆羊かん原料のうち「小豆こし餡量」「グラニュー糖量」「寒天量」の3因子とし、各々の因子を3水準に設定し水分を加えて全量が1kgとした。

表3に試作で得られた小豆羊かんの6軸テクスチャープロファイルデータを示す。こうして得られた6軸プロファイルデータを目的変数とし、表2に示した3因子を説明変数として重回帰分析を行った。

表4に重回帰分析の結果と得られたモデル式を示す。このモデル式からは、例えば小豆羊かんの「硬さ」を制御する因子として最も重要なパラメーターは「寒天量」であり、次いで影響が大きい順に「小豆こし餡量」「グラニュー糖量」となることが定性的に示された。

なお、今回モチーフとして取り上げた「小豆羊かん」は比較的単純な組成のゼリー状食品であるが、一般に

「硬さ」等の製品物性を予測してレシピを作成することは容易ではない。しかしながら、本研究で提案した実験計画法と6軸テクスチャープロファイルを組み合わせた設計法を応用することで、製品物性をある程度予測してレシピを構築する、あるいは原料配合において重点管理すべき項目を絞り込むことが可能になると考えられる。

3.2.2 飽和蒸気調理機を用いた加熱加工における食感設計の検討

図9に圧縮歪み荷重測定結果から得た各圧縮率での荷重値を示す。

低温加熱(75℃)においては、高温加熱(100/125℃)の場合と比較して、圧縮率が小さい時(圧縮率10%)に荷重値が大きく、圧縮率が大きい時(圧縮率90%)に荷重値が小さくなる傾向が見られた。また、加熱後の試料肉を試食した際には、低温加熱のものは試料肉全体としてはしっかりとしているが噛みつぶしやすく、高温加熱のものは試料肉全体としては脆くやわらかいが繊維感が強く噛みつぶすのに力が必要であるという知見が得られており、測定値から予想

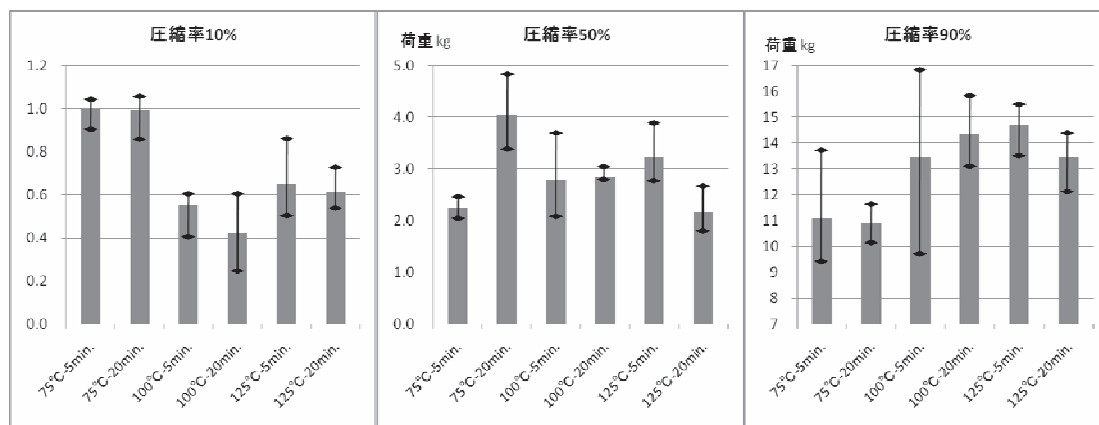


図9 各圧縮率での荷重値

表5 SD法による官能評価

かたさ …… やわらかい 1-3-5 かたい
 まとまり …… ばさつく 1-3-5 まとまりが良い
 食べやすさ …… 食べにくい 1-3-5 食べやすい

温度℃ 時間min.	かたさ		まとまり		食べやすさ	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
75 5	2.43	0.73	2.71	0.88	3.43	0.73
75 20	3.86	0.64	3.43	1.29	3.00	0.76
100 5	3.14	0.35	3.14	0.35	2.86	0.35
100 20	2.86	0.83	3.29	0.88	3.57	0.90
125 5	3.71	0.45	3.00	0.93	2.57	0.73
125 20	3.43	0.90	3.14	1.12	3.14	0.83

される食感に近いものだった。

次に各条件で加熱調理した試料肉について、SD法を用いた官能評価を行った。

評価に用いる感覚語には「かたさ」「まとまり」「食べやすさ(総合評価)」を用い、それぞれ、「やわらかい⇔かたい」「ばさつく⇔まとまりが良い」「食べにくい⇔食べやすい」を5段階でセンター職員7名に評価してもらった。

表5に官能評価結果を示す。主に「かたさ」について各圧縮率との関係について検討したが、「かたさ」の評価と測定値には相関が見られなかった。測定値と試食での食感とでは関連性を見いだせたにも関わらずこのような結果になった原因としては、評価に用いた言葉の意味の共有不足が考えられる。この点を改善することでSD法を食感評価の指標として食感設計に用いることができるようになると思われる。

3.4 品質管理向け簡易テクスチャー評価装置の仕様決定と機構考案

本研究において検討した「小豆羊かん」の例のように、ゼリー状食品については6軸テクスチャープロファイルのすべての軸を用いた評価を行うことができる。しかし、

もう一つの魚肉を用いた検討のように、試料の不均一さや試料調製の問題から「貯蔵弾性率」や「損失弾性率」を安定して測定することが容易ではない試料も多い。さらに、そのような測定が困難な試料などについては、すべての食品について貯蔵弾性率等と食感の関係が明確なわけではないことから、それらの測定項目は必ずしも食感評価の主体になるわけではない。

また、最もよく使用すると考えられる「かたさ」などに限った測定では安価な装置が既に存在している。

これらのことから、6軸テクスチャープロファイルを評価方法とした新たな簡易テクスチャー評価装置を開発する余地はないと判断した。

4. 結言

ゲル状食品の物性を総合的に捉え、ゲル状食品の飲み込みやすさを説明する指標として、動的粘弾性特性値である貯蔵弾性率G', 損失弾性率G'', テクスチャー特性値である硬さ, 凝集性, 付着性, さらに新たな食品物性評価指標である「滑り抵抗」の6種のパラメーターを組み合わせ、さらに標準試料としてゼラチン5%ゼ

リーの物性値を基準に書くパラメーターを相対表示した「6軸テクスチャープロファイル」を提案した。

また、「小豆羊かん」をモチーフとして、実験計画法による試作と6軸テクスチャープロファイル評価を組み合わせたテクスチャー設計法を検討した結果、原料配合が製品物性にどのような影響を及ぼすかを予測するモデル式を得た。

さらに、飽和蒸気調理機を用いたカツオ肉の加熱調理における加熱条件と食品物性測定値および食感の関係について検討した結果、加熱条件によって異なる食感の一部を測定値として表すことができ、求める食感を得るための加熱条件を設計する可能性を示すことができた。

参考文献

- 1) 手嶋登志子, 大越ひろ, 椎野恵子, 他: 介護食ハンドブック, 東京, 医歯薬出版, 1999, p.2-38
- 2) 聖隷三方原病院嚥下チーム: 嚥下障害ポケットマニュアル第2版, 東京, 医歯薬出版, 2003, p.153-169
- 3) 板垣晃之, 阿部節子, 市丸美恵子, 他: からだの不自由なお年寄りの食事一つくり方と介助一, 東京, 医歯薬出版, 2004, p.1-11
- 4) 藤谷順子, 金谷節子, 林静子: 改訂新版嚥下障害食のつくりかた, 東京, 日本医療企画, 2002, p.8-12
- 5) 坂井真奈美, 江頭文江, 金谷節子, 他: 臨床的成果のある段階的嚥下食に関する食品物性比較, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, **10**(2006), p.239-248
- 6) 堤之達也, 岸本一宏, 船見孝博, 他: 咀嚼・嚥下困難者に適したゲル状食品の開発, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, **11**(2007), p.13-23, 2007
- 7) 手嶋登志子, 大越ひろ, 椎野恵子, 他: 介護食ハンドブック, 東京, 医歯薬出版, 1999, p.39-44.
- 8) 大越ひろ: 高齢者食・介護食に求められるテクスチャー, 西成勝好, 食感創造ハンドブック, 東京, サイエンスフォーラム, 2005, p.143-149.
- 9) 丹治彩子, 高橋智子, 大越ひろ: 異なるゲル化剤を用いた3種のお茶ゼリーの飲み込み特性, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, **9**(2005), p.62-70
- 10) 神山かおる, 澤田寛子, 野仲美保, 他: テクスチャー機器分析およびヒトの摂食測定による咀嚼・嚥下困難者用餅の食べやすさ評価, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, **10**(2006), p.115-124
- 11) 厚生省生活衛生局食品保健課新開発食品保健対策室長通知: 高齢者用食品の表示許可の取扱いについて, 平成6年2月23日衛新第15号, 1994.
- 12) 厚生省公衆衛生局長通知: 特別用途食品の表示許可について, 昭和48年12月26日衛発第781号(第8次改正: 平成13年3月27日食発第111号), 2001.
- 13) 中村彩子, 高橋智子, 大越ひろ: 異なるゲル化剤を用いた3種のお茶ゼリーの動的粘弾性, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, **11**(2007), p.169-178
- 14) 金谷節子: 嚥下困難者のための食, 西成勝好, 食感創造ハンドブック, 東京, サイエンスフォーラム, 2005, p.125-133
- 15) 渡瀬峰男: 3次元的な考察から開発・生産した介護訓練食(上), 食品工業, **46**, **2**(2003), p.63-71
- 16) 渡瀬峰男: 3次元的な考察から開発・生産した介護訓練食(下), 食品工業, **46**, **4**(2003), p.73-80
- 17) 日本介護食品協議会: ユニバーサルデザインフード自主規格第1版, 2003.
- 18) 川端晶子: 食品物性学, 東京, 建帛社, 1989
- 19) 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵: おいしさのレオロジー, 東京, 弘学出版, 1997.

コーヒー粕の液化による利便性の向上及び有効成分抽出に関する研究開発

佐藤信行・樋口敦・佐藤勲征・原田牧人*
 食品バイオ技術部, 材料開発・分析技術部
 *亘理農業改良普及センター

宮城県内のコーヒー飲料事業者等からコーヒー粕が産業廃棄物として多量に排出されている。本事業では、その減容及び減量化を及び有効成分の抽出を行うため、まずコーヒー粕の成分の分析を行いその液化・分解について検討した。そして、有効成分抽出のための分解試験を行い、有効成分の精製について検討を行った。その結果、コーヒー粕の減容化、また有効成分であるオリゴ糖を分離精製することができた。

キーワード: 食品廃棄物, コーヒー, 抽出残渣, オリゴ糖, 抽出

1. 緒言

宮城県内のコーヒー飲料事業者等からコーヒー粕(コーヒー飲料抽出残渣)が産業廃棄物として年間約2000トン(含水)程度の量が排出されている。従来は、埋め立てや焼却されており、肥料としての利用がなされている程度であったため、減容化及び有効活用が望まれていた。

そこで本研究では、コーヒー粕の減容化のための液化及び有効成分の抽出利用を行うために、コーヒー粕の成分分析を行った。さらに、液化・分解について検討を行い、有効成分としてオリゴ糖を主目標にして分解生成の検討及び精製処理法の検討を行った。

2. コーヒー粕の成分分析

宮城県内のコーヒー飲料事業者から提供を受けたコーヒー粕(コーヒー抽出残渣)について成分分析を行った結果を表1に示す。コーヒー粕の水分率は約70%であった。水以外で、最も多い成分は糖であった。糖の中ではマンノースが最も多かった。

3. コーヒー粕の液化・分解

前述のコーヒー粕を用いて、液化・分解試験を行った。含水コーヒー粕に蒸留水又は0.25～10[M]のNaOH水溶液を加えて、40℃18時間の分解処理を行った。遠心分離により分解液を除去後、残渣を蒸留水で洗浄し、マンナナーゼ活性を有する酵素2種を用いて40℃12時間の分解処理を行った。その後、分解液を除去し、乾燥を行った。初期重量(乾燥)からの酵素分解残渣重量の減少率を分解率として表1に示す。酵素を用いた場合の分解率は酵素Aで52～87%, 酵素Bでは93～99%となった。

表 1 コーヒー粕中の成分

測定項目	測定値 (湿重量基準)	測定方法
水分率	69.5%	105℃加熱減量
糖	14.1%	硫酸分解後 フェノール 硫酸法 ¹⁾
脂質	4.9%	ヘキサン抽出
粗タンパク	4.3%	ケルダール法
リグニン (硫酸分解残渣)	6.9%	サウスゲート法 ²⁾
カフェイン	0.07%	
クロロゲン酸	検出限界以下	熱水抽出 HPLC
カフェ酸	検出限界以下	
灰分	0.3%	550℃加熱
マンノース	6.8%	硫酸分解後 HPLC

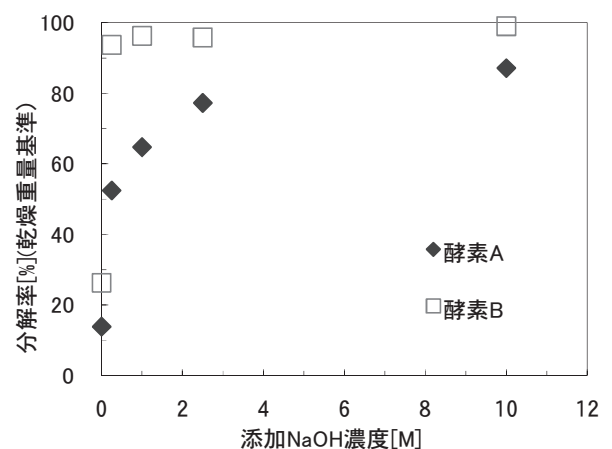


図 1 NaOH 及び酵素を用いたコーヒー粕の分解結果

4. コーヒーオリゴ糖の分解生成の検討

4.1 酵素検討

主にセルラーゼ活性又はマンナーゼ活性を有する市販酵素4社16種類によりコーヒー粕の酵素分解の検討を行った。未粉碎のコーヒー粕を用いて、酵素をコーヒー粕(乾燥)重量に対して0.5%添加し、37℃で18時間反応させた。加熱失活後、上清を0.45 μmでろ過し、ELSDを検出器として有するGFCにより分子量の測定を行った。カラムは、AsahiPak GS-220HQを用い、溶離液として蒸留水を用いた。カラム温度は30℃とし流速は0.5mL/minとした。また、分子量標準物質として、マンノース、マンノビオース、マンノペンタオースを用いて、マンノオリゴ糖換算の重合度2~4のものの含有量をコーヒー粕乾燥重量に対するオリゴ糖生成収率として測定した。

4社16種類の酵素のうち、2社8種類の酵素を用いてオリゴ糖の生成について測定した結果を図2に示す。

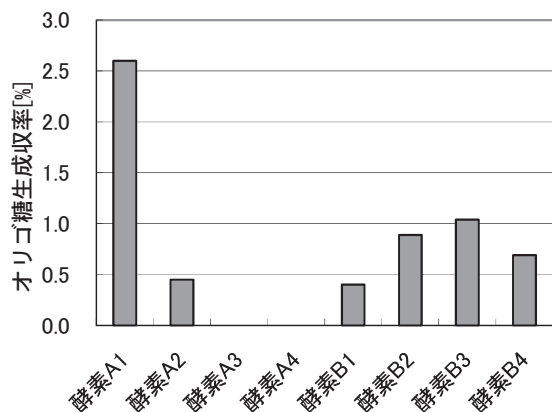


図2 酵素ごとのオリゴ糖生成収率

図2に示すように、酵素A1のオリゴ糖生成収率が最も高かったことから、以降の検討は、酵素A1を用いて行う。なお、3. で分解実験を行った酵素Aが酵素A1であり、酵素Bが酵素B4である。

4.2 酵素処理の加水率、酵素添加量の検討

コーヒーオリゴ糖の分解生成において、オリゴ糖収率に対する、酵素の添加量及び加水率の検討を行った。オリゴ糖の生成方法及び測定方法は4.1と同様である。

今回実験を行った範囲において、酵素を対コーヒー粕乾燥重量0.5%添加した場合において、加水率(対コーヒー粕乾燥重量倍率)が10倍のときに、オリゴ糖生成収率が最も高くなった。

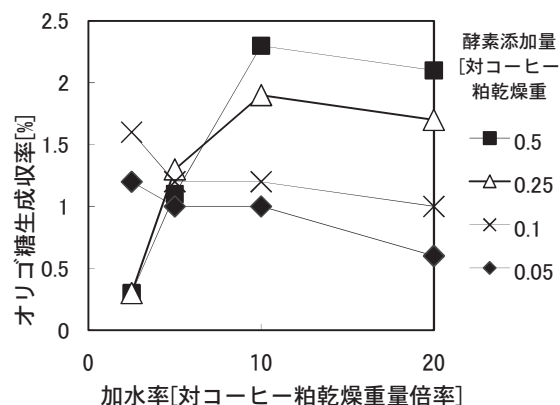


図3 加水率及びオリゴ糖生成収率

4.3 コーヒー粕の脱脂、粒度及び粉碎処理検討

コーヒーオリゴ糖の分解生成において、オリゴ糖収率に対して、脱脂の有無および粒度が与える影響を検討した。脱脂は、コーヒー粕を凍結乾燥した後に、ヘキササン及びクロロホルムにより行った。乾燥した未粉碎のコーヒー粕を開口が0.2mm, 0.5mm及び1mmの篩で篩わけて、4.1と同様にオリゴ糖の生成、及び測定を行った。その結果を図4に示す。

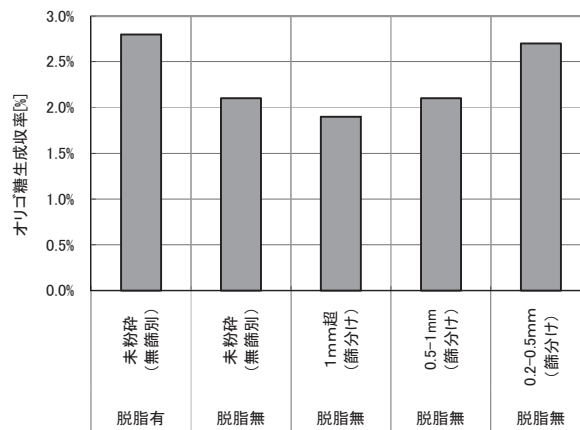


図4 脱脂の有無及び篩分けによるオリゴ糖収率の違い

脱脂を行ったコーヒー粕は行わないコーヒー粕よりオリゴ糖生成収率が高かった。また、篩分けたコーヒー粕は、粒度の小さいコーヒー粕の方が大きい者コーヒー粕よりオリゴ糖の生成収率が高かった。

次に、及び粉碎処理の影響の検討を行った。凍結乾燥後のコーヒー粕に対して、コーヒーミル粉碎、ピンミル

粉碎(乾式), 気流式粉碎(乾式)行った場合及び, 凍結乾燥を行わずマスコロイダ粉碎(湿式)場合と, 未処理の場合について, 4.1と同様に分解処理及びオリゴ糖測定を行った。オリゴ糖生成収率を, レーザー光散乱粒度分布測定装置(HORIBA LA-300)により測定したメジアン粒径に対してプロットしたものを図5に示す。

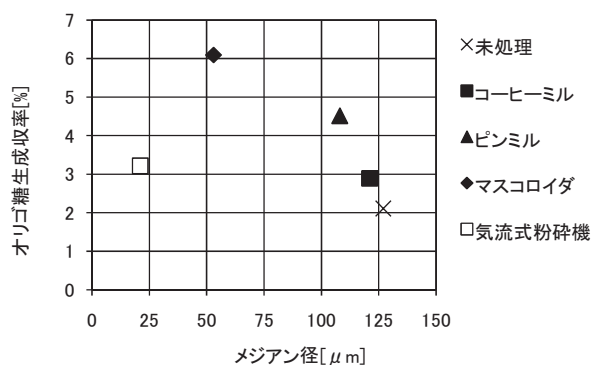


図5 粉碎方法・メジアン径とオリゴ糖収率との関係

未処理のコーヒー粕が最もオリゴ糖生成収率が低く, メジアン粒径も大きかった。コーヒーミル, ピンミルで粉碎処理を行うことにより, メジアン粒径が小さくなるとともに, オリゴ糖生成収率が向上し, 湿式で粉碎したマスコロイダでもっとも生成収率が高くなった。一方, マスコロイダよりメジアン粒径の小さい気流式粉碎機では, ピンミルよりオリゴ糖生成収率が小さかった。湿式や乾式などの粉碎方法により, オリゴ糖生成収率に影響があることが判明した。

4.4 反応条件検討

マスコロイダと気流式粉碎機で粉碎を行ったコーヒー粕について, 反応時間ごとのオリゴ糖生成収率の検討を行った。オリゴ糖の生成方法及び測定方法は4.1と同様とした。

オリゴ糖生成収率の測定結果を図6に示す。マスコロイダにより粉碎を行った場合は, 8時間の反応を行ったものにおいて最もオリゴ糖生成収率が高かった。一方, 気流式粉碎機で粉碎したものは, 反応16時間のものが高かった。全ての反応時間において気流式粉碎機による粉碎コーヒー粕の方が, マスコロイダ粉碎よりオリゴ糖の生成収率が低かった。

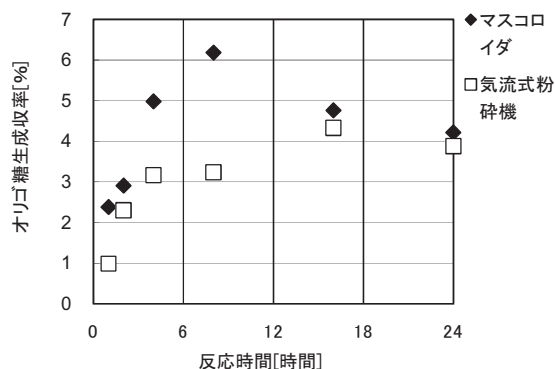


図6 反応時間によるオリゴ糖生成収率の変化

5. オリゴ糖の精製方法の検討

コーヒー粕を酵素により分解した液には, 生成したオリゴ糖の他に, 使用した酵素や色素その他不純物が含まれている。特に酵素とその糖化物は, 雑味となるため除去することが望ましい。

不純物を除き, オリゴ糖の含有量を向上させるため, 精製方法について検討を行った。まず, アルコール抽出及び再結晶法について検討した。さらに, 膜分離によるオリゴ糖の精製についても検討を行った。

5.1 アルコール再結晶の検討

コーヒー粕をマスコロイダで粉碎後, 酵素水溶液を添加してオリゴ糖の分解生成を行った。分解液をろ布にてろ別を行った後に, 凍結乾燥した。凍結乾燥により得られた粉末を99.5体積%エタノールで洗浄後, 80体積%エタノールでオリゴ糖を抽出した。抽出液を遠心分離して固形物を除き, 3倍量の99.5体積%エタノールを添加した。沈殿物をろ別し, 蒸留水に溶解して再度凍結乾燥を行った。得られた精製オリゴ糖を図7に示す。やや褐色を帯びた白色粉末が得られた。

精製オリゴ糖について, 全糖分析(フェノール硫酸法, 標準物質としてマンノースを使用), オリゴ糖を加水分解して構成糖の分析(ShodexNH2P2Pアミノカラム, マンノース含有率), 及びオリゴ糖含有量について測定を行った。その測定結果を表2に示す。測定結果から, マンノースを構成とするオリゴ糖が主に含まれていると判断できる。

表2 アルコール精製オリゴ糖の測定結果

項目	測定結果	測定方法
全糖	97.5%	フェノール硫酸法(マンノース換算)
構成糖 (マンノース)	69.1%	HPLC(アミノカラム-ELSD)
オリゴ糖 含有量	71.8%	HPLC(GFC カラム-ELSD) 重合度 2-4 のマンノオリゴ糖として

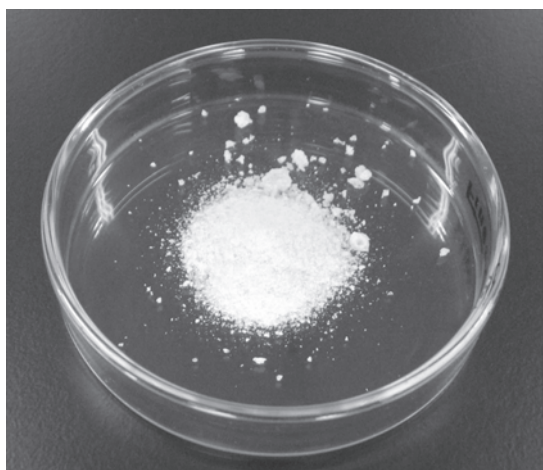


図 7 精製オリゴ糖抽出物

生成することができた。

- 4) コーヒー粕から得られたオリゴ糖を、アルコール精製又は限外ろ過により分離精製することができた。

参考文献

- 1) 福井作蔵: 還元糖の定量法第2版(1990), p.50
- 2) D.A.T.SOUTHGATE: J. Sci. Agric., **20**(1969), p.331

5.2 限外ろ過精製の検討

アルコール再結晶により精製する場合には、高コストとなることが予想されるため、限外ろ過膜による精製の検討を行った。限外ろ過試験機RUW-5Aを用いて、限外ろ過膜として日東電工株式会社のNTU-3250-C1Rを用いて限外ろ過による精製試験を行った。限外ろ過膜の仕様を表3に示す。

表 3 アルコール精製オリゴ糖の測定結果

項目	内容
メーカー 型番	日東電工株式会社 NTU-3250-C1R
材質	ポリサルホン
膜面積	0.4m ²
分画分子量	20000(PEG) 6000(タンパク質)

限外ろ過を行った透過液は褐色透明の溶液となった。限外ろ過前後のオリゴ糖含有量はそれぞれ0.66%で変化していなかった。

6. 結言

コーヒー粕の減容化、有効成分の抽出及び有効利用を行うため、コーヒー粕の成分分析、液化・分解、オリゴ糖の分解生成の検討及び精製処理法の検討を行ったところ次の結果が得られた。

- 1) コーヒー粕の成分分析を行った結果、水分が約70%であり、固形分中で最も多いのは、糖であった。糖の中ではマンノースが最も多かった。
- 2) アルカリ処理及び酵素処理を行うことにより95%以上を液化・減容化することができた。
- 3) コーヒー粕を酵素分解することにより、オリゴ糖を

平成21年度

宮城県産業技術総合センター研究報告 No.7(2009)

平成22年12月発行

発行所

宮城県産業技術総合センター

〒981-3206

宮城県仙台市泉区明通2丁目2番地

TEL 022-(377)-8700

FAX 022-(377)-8712



環境にやさしい大豆油インキと古紙パルプ
配合率70%以上の再生紙を使用しています。

この冊子は120部作成し1部当たりの単価は158円です。