

冷凍パスタの電子レンジによる加熱の特徴

主任研究員 朝日 信吉

1 緒言

昨年（平成 29 年）の冷凍食品の国内生産量は 160 万トンと、微増ではあるが、2 年連続で過去最高を更新した。冷凍食品の中で、冷凍スパゲッティの生産量は約 6 万トンであり、冷食品目別生産量のめん類の中では冷凍うどん（約 16 万トン）に次いで多い。最近、冷食スパゲッティの生産量は増加傾向にあり、平成 29 年の生産量は、平成 23 年比で 178% となった。冷凍うどんの生産量に大きな変化がないことに比べると対照的である。冷食スパゲッティは 2 種類あり、1 つは具やソースを加えて調理済みの「冷凍スパゲッティ（調理済）」で、もう 1 つはゆであげためん単体で販売される「冷凍スパゲッティ」である。ライフスタイルの最近の変化とともに、電子レンジで加熱調理しただけで食べられる冷凍スパゲッティ（調理済）のような商品が生産量の増加を後押ししているものと思われる。

冷凍食品の課題として、調理方法として電子レンジを用いた場合には加熱ムラが生じる。また、冷凍保存時にも、水分蒸発・凝固による冷凍やけの問題がある。本研究では、冷凍パスタの一種である冷凍スパゲッティを対象に、電子レンジで加熱調理する際の加熱ムラ対策や、おいしく調理する方法について検討することを目的とするものである。

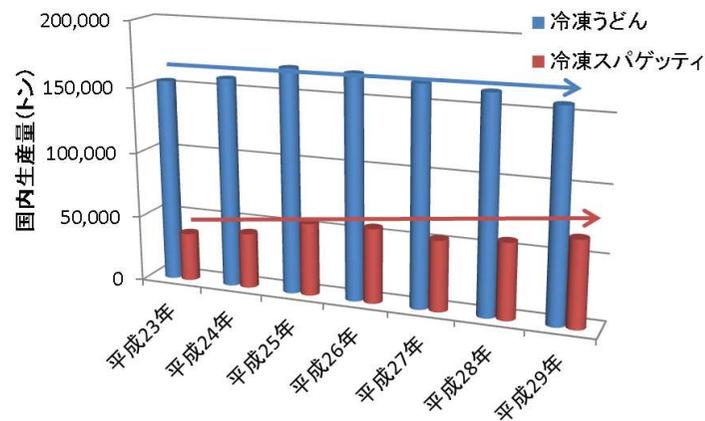


図 1. 冷凍うどんと冷凍スパゲッティの国内生産量

2 実験

2.1 装置

(1) 電子レンジ

①家庭用電子レンジ A (庫内フラット型) :

ツインバード工業(株) DR-D267

出力 : 100W, 200W, 500W, 600W

キャビティ下部にあるアンテナが回転することで、マイクロ波の分散化を図る

②家庭用電子レンジ B (ターンテーブル型) :

パナソニック(株)製 NE-EH228

出力 : 150W, 500W, 700W

ターンテーブル方式により、食品を全ての方角からマイクロ波照射する

③実験用マイクロ加熱装置 (ハイブリッド型) :

マイルストーンゼネラル(株)製 Ethos
MR

最大出力 1,000W

ターンテーブル方式に加え、マグネトロン 2 個で回転するディフューザーにより、マイクロ波の分散化を図る

(2) 熱画像測定装置

赤外線サーモグラフ : 日本アビオニクス(株)製 InfReC G120EX

2. 2 冷凍パスタ試料

(1) 冷凍スパゲッティ — 装置比較, 包装フィルム比較, めんの太さ比較

①細めん (縦 9.5cm×横 16cm×高さ 3cm)

内容量: 220g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 4 分

②太めん (縦 11cm×横 14cm×高さ 3cm)

内容量: 200g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 3 分 40 秒

製造から半年以上が経過しており、一部、端の方に冷凍やけ

あり

(2) 冷凍スパゲッティ (調理済) — 商品比較

①アマニ油入りなすとチーズの完熟トマトソース

内容量: 230g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 4 分 10 秒

②彩々野菜トマトペペロンチーノ

内容量: 260g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 4 分 40 秒

③アマニ油入りモッツァレラチーズのジェノベーゼ

内容量: 230g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 4 分

④全粒粉入り生パスタ ほうれん草と舞茸のクリームソース

内容量: 260g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 4 分 40 秒

⑤香味野菜のミートソース

内容量: 290g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 5 分 10 秒

⑥しらすのペペロンチーノ

内容量: 256g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 5 分 30 秒

⑦具の衝撃 ペペロンチーノ

内容量: 300g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 5 分 20 秒

⑧具の衝撃 ペペロンチーノ, ⑦と同じ商品で具を減らしたもの

内容量: 300g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 5 分 20 秒

⑨ソテースパゲッティ ナポリタン

内容量: 290g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 5 分 20 秒

⑩海老が香るアメリカーナソース仕立て

内容量: 290g, MW 出力: 500W, 加熱時間: 6 分

(3) 冷凍スパゲッティ (調理済) — 同一商品を様々な条件で加熱して比較

①ボンゴレビアンコ (縦 11.5cm×横 15.5cm×高さ 2~3cm)

内容量: 270g, MW 出力: 500W (5 分 30 秒) または 600W (4 分 30 秒)

3 結果及び考察

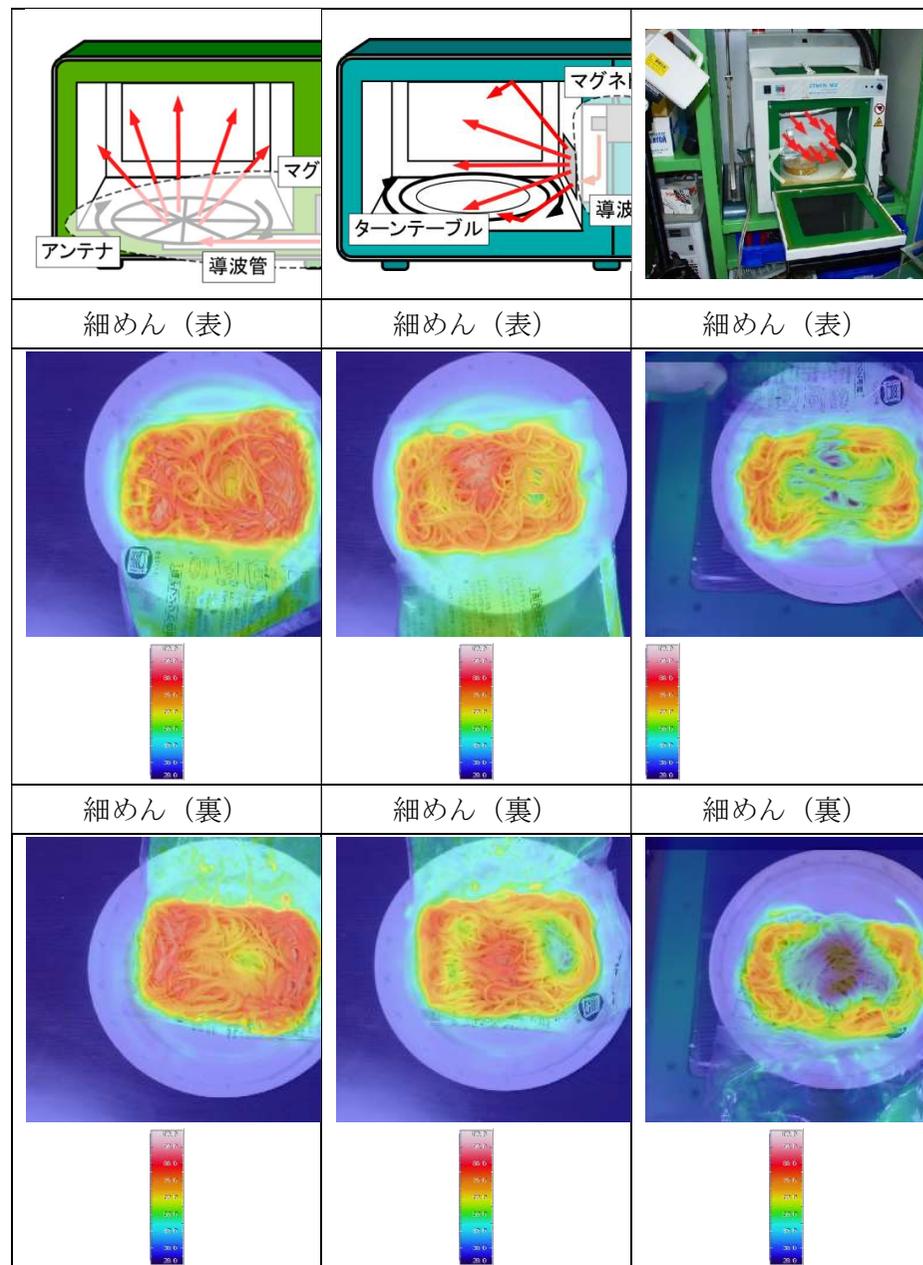
3.1 冷凍スパゲッティ（細めん、太めん）のマイクロ波加熱実験（装置比較）

具やソースのないめんだけの状態でマイクロ波加熱実験を行うため、業務用の冷凍スパゲッティを用いた。めんは太さの違う 2 種類を電子レンジ用の通常フィルムに密封した。

細めんについて、異なる 3 種類の電子レンジを用い、マイクロ波出力 500W で 4 分間加熱した。加熱後、パッケージを開封し、熱画像をサーモグラフィで撮影した。撮影は、開封後、表側の熱画像を撮り、固い紙皿を被せてひっくり返し、裏側の熱画像を撮るといった手順で行った。結果を図 2 に示す。家庭用電子レンジ A（庫内フラット型）による加熱の結果、加熱ムラが少なく、良好な温度分布が得られた。食感もアルデンテを維持していた。家庭用電子レンジ B（ターンテーブル型）では、若干、加熱ムラが発生し、実験用マイクロ波加熱装置（ハイブリッド型）では、特に真ん中の裏側が冷たい状態であった。実験用マイクロ波加熱装置は、細い試験管をたくさん立てて、試料の前処理加熱を行うためのものであるため、奥側からマイクロ波が照射されている。また、キャビティサイズが 33cm と大きいことが、温度分布を発生させた原因であると考えられる。

図 2. 冷凍スパゲッティ（細めん）のマイクロ波加熱実験結果（装置比較）

家庭用電子レンジ A (庫内フラット型)	家庭用電子レンジ B (ターンテーブル型)	実験用マイクロ波加熱装置 (ハイブリッド型)
-------------------------	--------------------------	---------------------------



太めんについても、マイクロ波出力 500W で 3 分 40 秒間の加熱により、同様の実験を行った。結果を図 3 に示す。細めんの熱画像の結果と同じく、家庭用電子レンジ A で最も加熱ムラが少なく、実験用マイクロ波加熱装置で加熱ムラが大きい結果となった。食味官能検査による温感も、細めんの時と同様に、家庭用電子レンジ A では、全体的に温かい感じであったが、実験用マイクロ波加熱装置では、真ん中の部分がかなり冷たく、再加熱を必要とした。太めんについては、保管時に生じた冷凍やけが端の方にあり、いずれの電子レンジによる加熱によっても、冷凍やけ部分の食感は改善されなかった。太めんの熱画像（図 3）を細めんの熱画像（図 2）と比較すると、細めんの方が、良好な温度分布であったことがわかる。

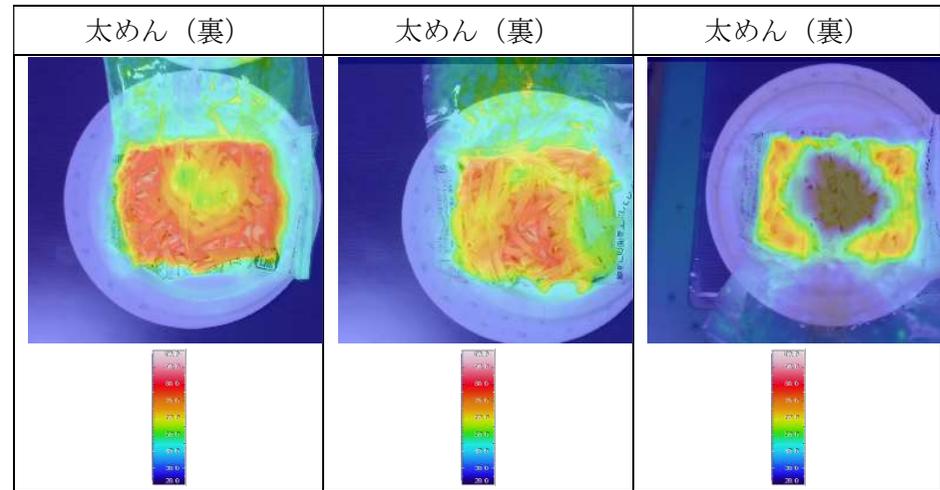
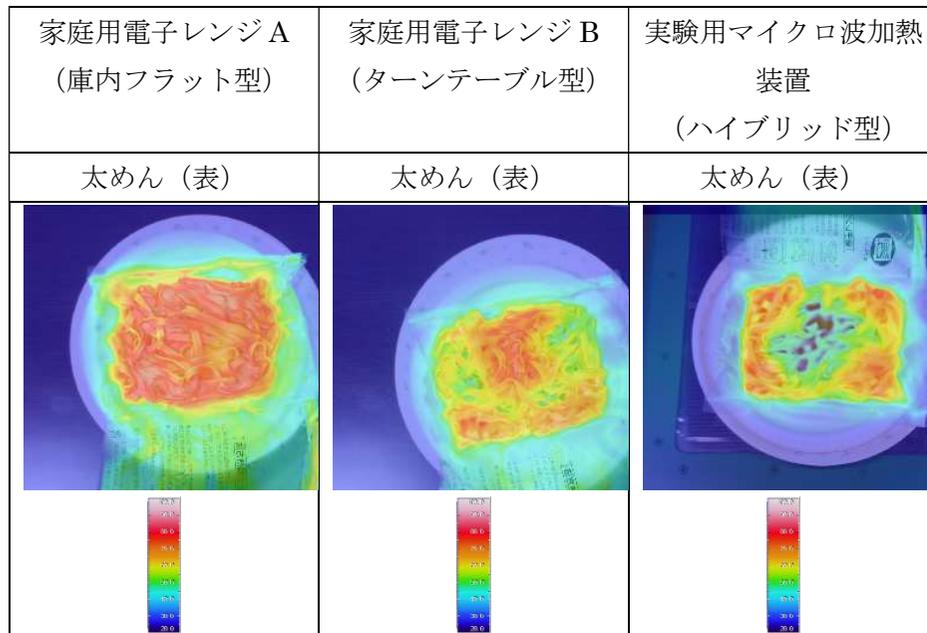


図 3. 冷凍スパゲッティ（太めん）のマイクロ波加熱実験結果（装置比較）



3.2 冷凍スパゲッティ（細めん、太めん）のマイクロ波加熱実験（包装フィルム比較）

断熱フィルムを用いて業務用冷凍スパゲッティを包装し、家庭用電子レンジA（庫内フラット型）による加熱実験を行った。断熱フィルムは、県内N社製の発泡フィルムを用いた。加熱後の熱画像結果を図4に示す。図の左側2列は、細めんの通常フィルムと断熱フィルム、右側2列は太めんの通常フィルムと断熱フィルムで包装したものである。冷凍スパゲッティの温度分布は、包装フィルムを通常フィルムから断熱フィルムに変えても、大きな違いは見られなかったが、断熱フィルムには熱が残っている様子が観察された。断熱フィルムによる加熱後の冷凍スパゲッティの食味官能試験を行ったところ、観察された温度分布に大きな変化がなかったにも関わらず、細めんと太めんともに柔らかい食感であった。特に、太めんについては、冷凍やけの部分に水分を含んで柔らかく変化していた。冷凍やけにより、一度失ったアルデンテの水分分布が戻ることはないが、明らかな食感の改善が得られた。

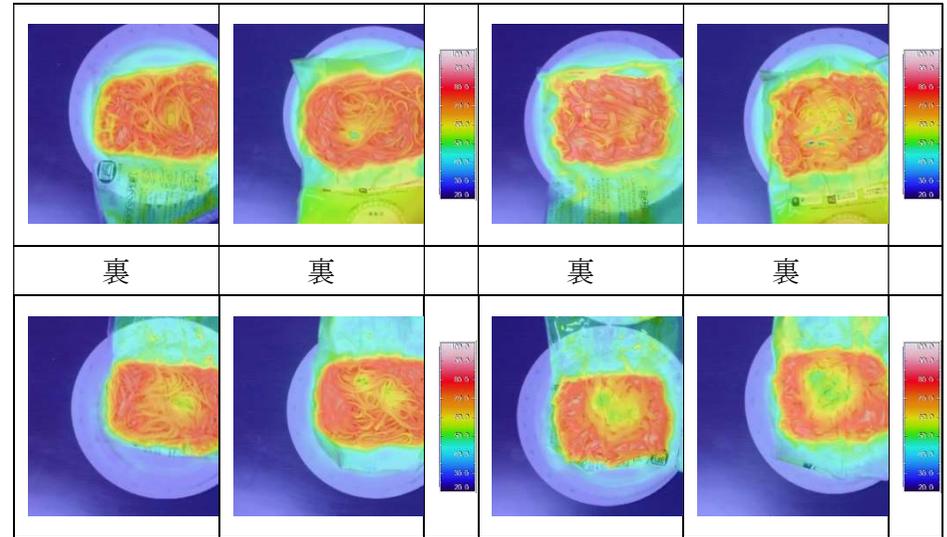


図4. 冷凍スパゲッティ（細めん、太めん）の熱画像（包装フィルム比較）

細めん		太めん	
通常フィルム	断熱フィルム	通常フィルム	断熱フィルム
表	表	表	表

3.3 冷凍スパゲッティ（調理済）のマイクロ波加熱実験（商品比較）

次に、市販されている調理済冷凍スパゲッティの電子レンジ加熱実験を行い、商品による加熱具合を検証した。電子レンジは、家庭用電子レンジ A（庫内フラット型）を用いた。商品ごとに、パッケージ記載の加熱時間は異なる（2.2 パスタ試料参照）。マイクロ波は、出力 500W で照射し、パッケージ記載の時間、加熱を行った。加熱後の熱画像結果を図 5～8 に示す。

図 5 の①には、アマニ油入りなすとチーズの完熟トマトソースの結果を示した。冷凍状態では、めんが加熱されやすく、具とソースが加熱されにくいと考えられるため、加熱後は、スパゲッティの外側の部分が熱く、真ん中の、特に裏側の部分で冷たい状態であった。②は、トマトペロンチーノで、具の野菜が加熱されておらず、かなり冷たい状態であった。③のジェノベーゼスパゲッティは、具もソースも少なめの商品であった。熱画像を見ると、真ん中が冷たいが、食味官能試験による温感検査では、ソースがやや熱く、具も冷たくはない結果であった。

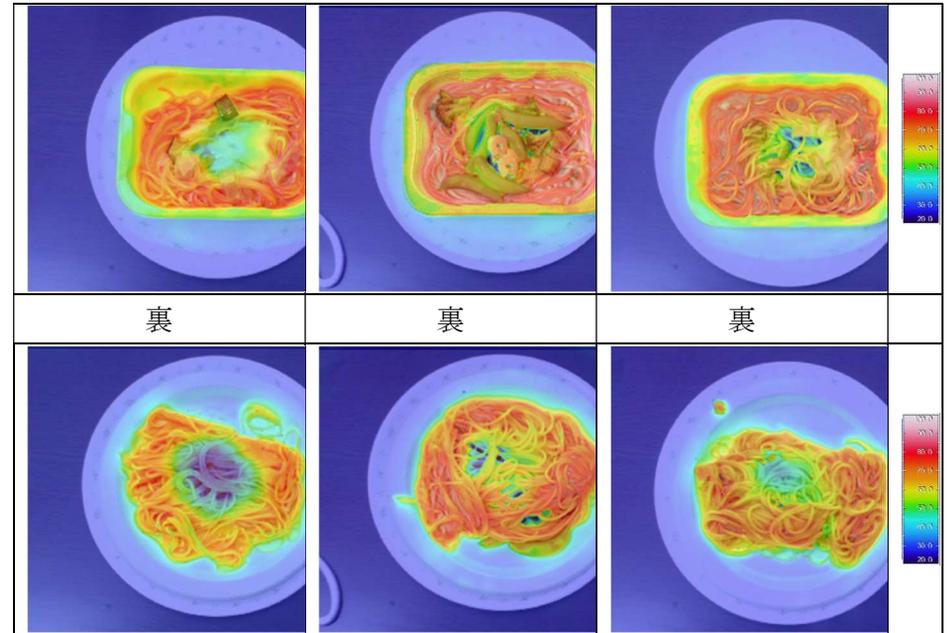
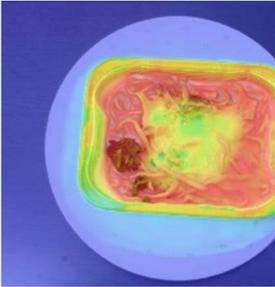
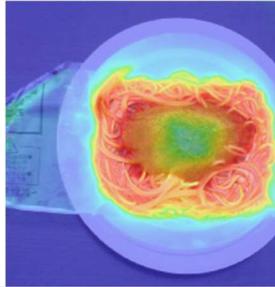
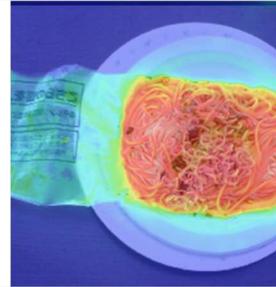


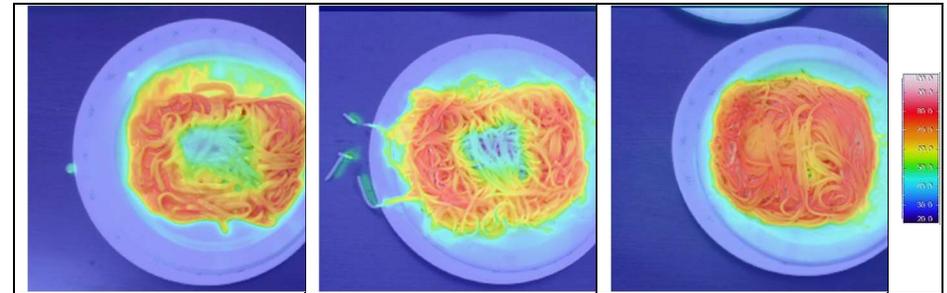
図 5. 冷凍スパゲッティ（調理済）のマイクロ波加熱結果（商品比較 1）

①アマニ油入りなすとチーズの完熟トマトソース	②彩々野菜トマトペロンチーノ	③アマニ油入りモッツアレラチーズのジェノベーゼ	
表	表	表	

図6に示した④のクリームソーススパゲッティの熱画像によれば、③とほぼ同じ温度分布を示しているが、実際に食してみると、見た目以上に加熱ムラがあり、具は熱いものと冷たいものが混ざっていた。この温度分布は、具やソースの材質と量によるものと考えられた。⑤の香味野菜のミートソースでは、具は少ないものの、ソースが真ん中に固まっている商品であった。得られた熱画像結果は、これまでの商品の形状から予想されるように、中心部のソースの下が冷たく、外側のめんの部分が熱い状態であった。⑥シラスのペペロンチーノでは、具は多いものの、全体的には良好な温度分布結果が得られた。シラスの加熱特性は、パスタの加熱特性とほぼ同じであることが推察された。

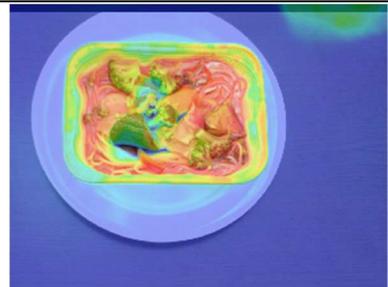
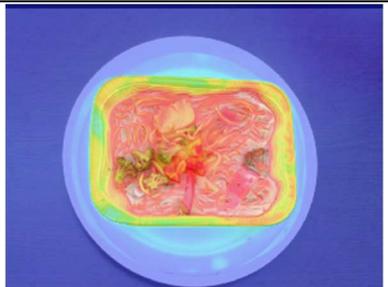
図6. 冷凍スパゲッティ（調理済）のマイクロ波加熱結果（商品比較2）

④全粒粉入り生パスタ ほうれん草と舞茸のクリームソース	⑤香味野菜のミートソース	⑥しらすのペペロンチーノ	
表	表	表	
			
裏	裏	裏	



ここまでの結果から、具材の量が多い調理済冷凍スパゲッティ（ペペロンチーノ）について、通常通りの標準品（図7⑦）と具材を減らしたもの（図7⑧）の加熱比較実験を行った。標準品の⑦の結果では、めんがほどよい温かさであったが、具材は冷たいものが多い結果となった。⑧の具材を一部除去したスパゲッティは、良好な温度分布が得られた一方、具材を減らしたことによる加熱時間を調整していないため、端の方に加熱しすぎで固くなった部分が生じた。

図7. 冷凍スパゲッティ（調理済）のマイクロ波加熱結果（具材の量の違い）

⑦具の衝撃 ペペロンチーノ	⑧具の衝撃 ペペロンチーノ, ⑦の具を削減	
表	表	
		
裏	裏	

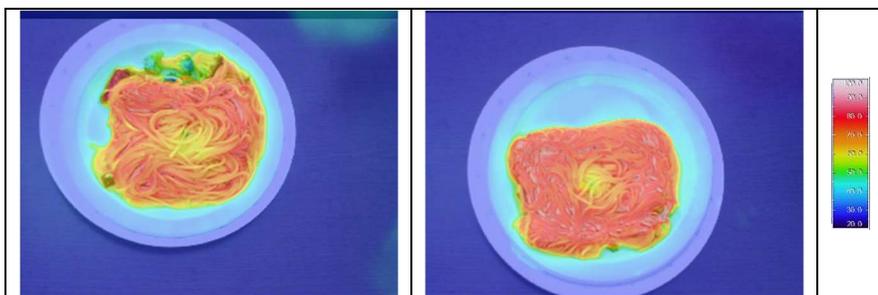
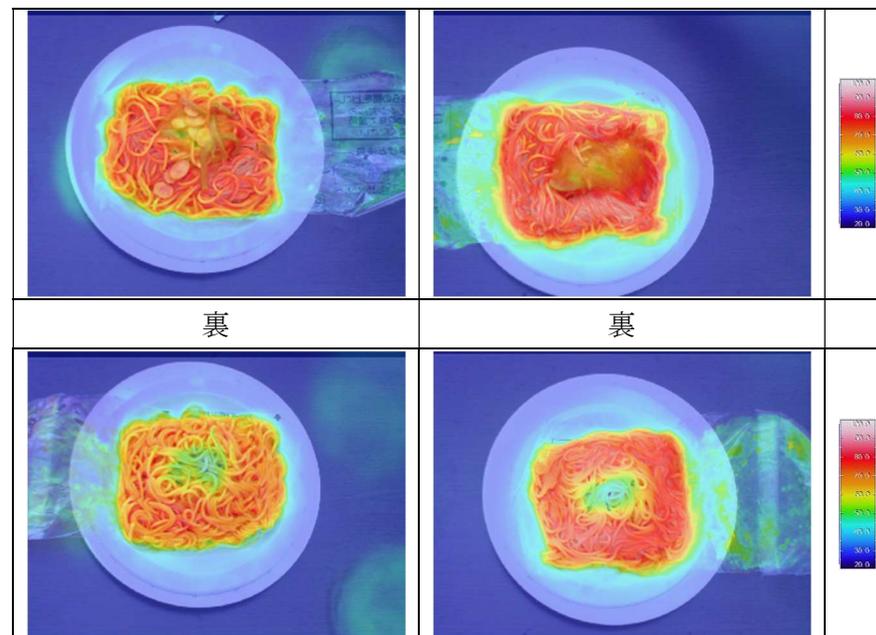


図 8 は、ナポリタンについて、製造メーカーの違うものを用意し、加熱実験を行った結果を示している。⑨のナポリタンは、ソースの分布が均一であるのに対し、⑩のナポリタンでは、ソースの分布が不均一に固まった状態であった。ナポリタンの内容量はいずれも 290g であるが、パッケージの記載に従い、⑨は 5 分 20 秒間、⑩は 6 分間、電子レンジ加熱を行った。ソースが均一は⑨は、全体的に温度分布の均一度が良く、具も均一に加熱されていた。一方、ソースが不均一な⑩は、めんが熱いのにソースが冷たいという結果になった。

図 8. 冷凍スパゲッティ（調理済）のマイクロ波加熱結果（ナポリタンについて商品の違い）

⑨ソテースパゲティ ナポリタン	⑩海老が香るアメリカヌソース仕立て	
表	表	



3. 4 冷凍スパゲッティ（調理済）のマイクロ波加熱実験（ボンゴレビアンコ）

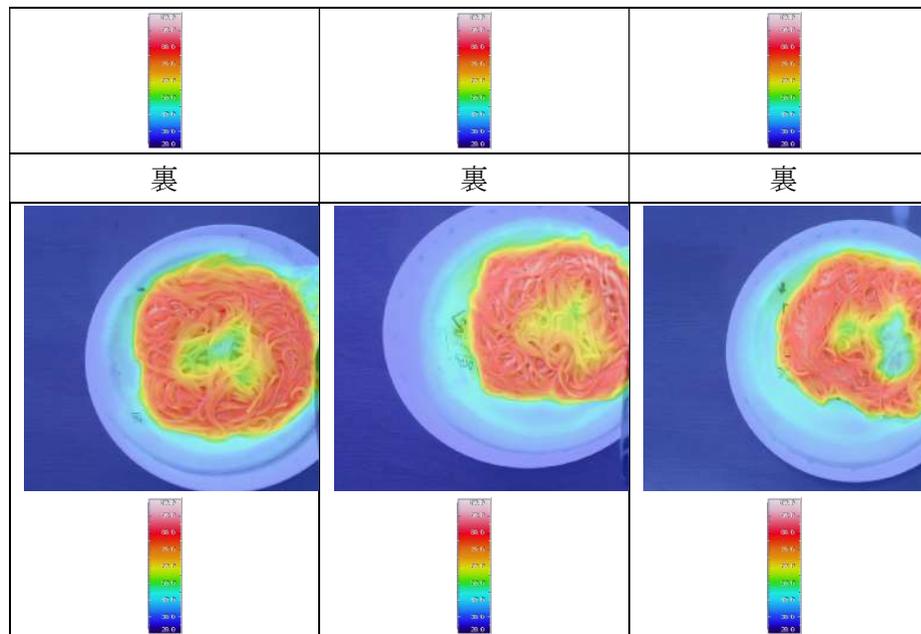
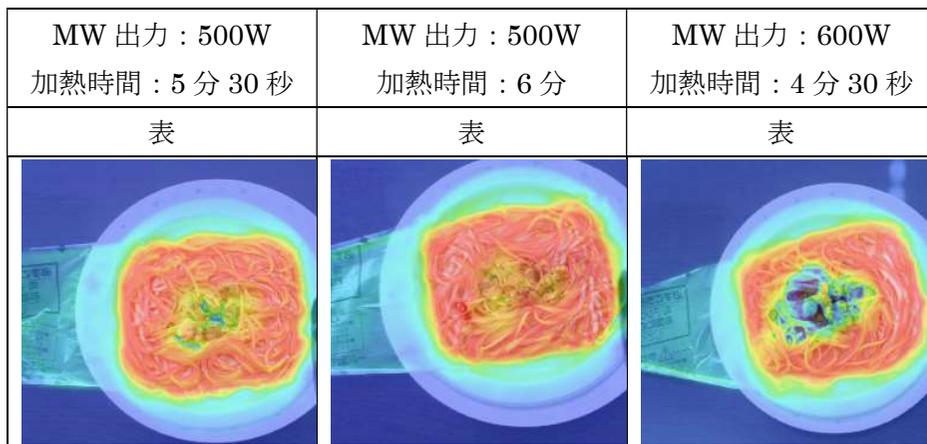
調理済冷凍スパゲッティとして、市販のボンゴレビアンコを選び、加熱条件を変化させて実験を行った。ボンゴレビアンコは、図 9 に示すように、スパゲッティ表の中心部に具のアサリが集まっており、裏側全体は凍ったソースで固められた構造をしている。所定の加熱時間は、500W で 5 分 30 秒、または、600W で 4 分 30 秒となっている。電子レンジは家庭用電子レンジ A（庫内フラット型）を用いた。

図 9. 加熱実験に用いた調理済冷凍スパゲッティ（ボンゴレビアンコ）



パッケージ記載の設定条件である、電子レンジ出力 500W、5 分 30 秒の加熱を行った結果を図 10 の左側の列に示す。標準の加熱条件でも、中心のアサリの部分とその裏側が若干冷たい結果となった。加熱時間を 6 分に延長すると（図 10 の中心の列）、熱の回りがよくなって、加熱ムラも改善された。同じく標準の設定条件である 600W、4 分 30 秒では、加熱時間が短いため温度分布が大きくなった（図 10 の右側の列）。

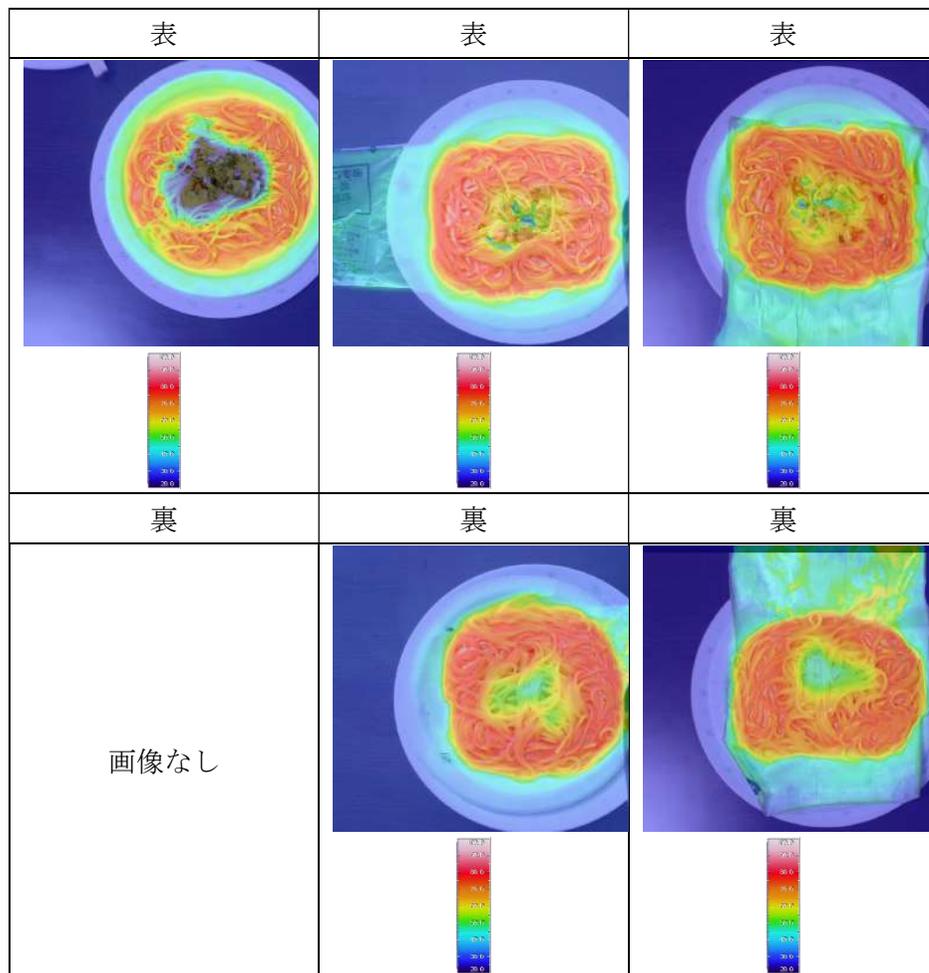
図 10. 冷凍スパゲッティ（ボンゴレビアンコ）の熱画像（電子レンジ設定条件比較）



次に、3. 2と同様に、包装フィルムの違いを調べた。市販のパッケージから中身を取り出し、通常フィルムか、または、断熱フィルムで再包装した。包装フィルムのない、むき出しのサンプルも用意した。加熱後の結果を図 11 に示す。むき出しで加熱したものと比べると、フィルムで包装したものは、温度分布が大幅に改善していることがわかる。むき出しで冷凍スパゲッティを加熱した場合、水蒸気による熱移動がないため、加熱ムラが大きく発生したものと考えられる。断熱フィルムによる実験結果では、通常のフィルムに比べて、温度分布が大きく改善することはなかったものの、食感が少しだけ柔らかくなったように感じられた。

図 11. 冷凍スパゲッティ（ボンゴレビアンコ）の熱画像（包装フィルム比較）

むき出し	通常フィルム	断熱フィルム
------	--------	--------



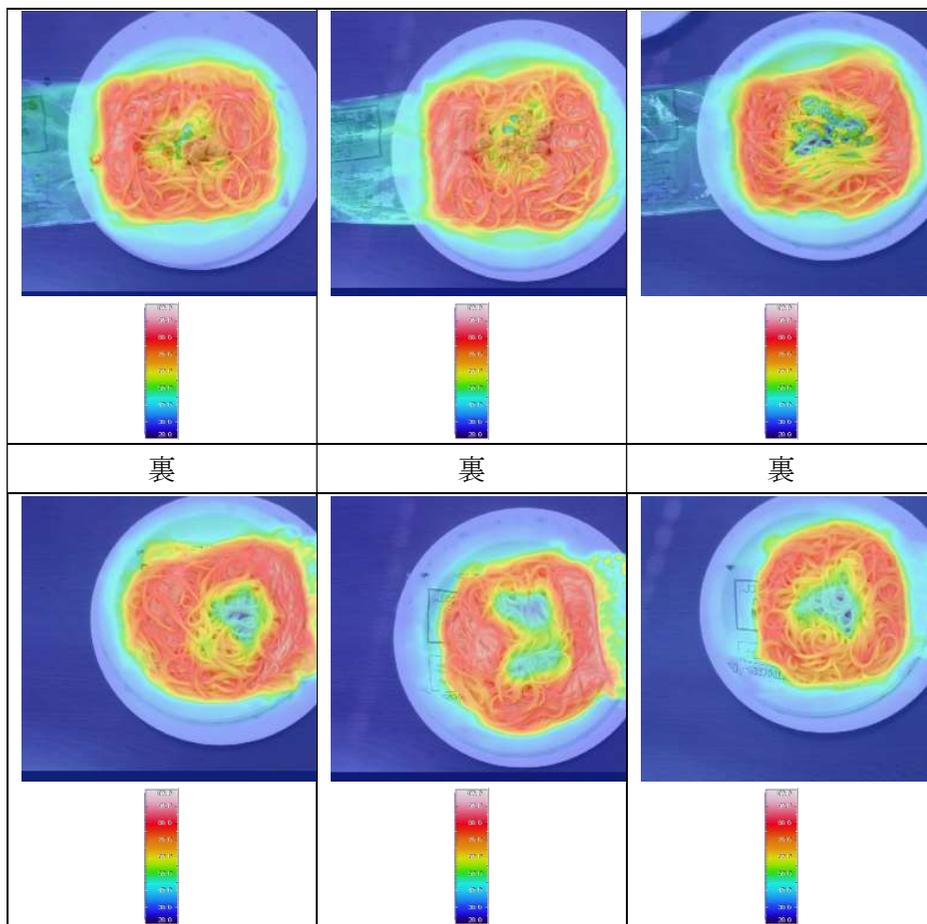
加熱条件を変えて、さらに電子レンジ調理実験を行った。結果を図 12 に示す。調理済冷凍スパゲッティ（ボンゴレビアンコ）の加熱においても、真ん中の裏側が冷たくなる傾向にあることから、裏側の加熱を先に 3 分 30 秒行い、残り 2 分を表にして加熱を行った。結果を図 12 の左側の列に示した。熱画像と食味官能試験から、温度分布は改善されない結果となった。

次に、電子レンジ内の配置を変えて加熱実験を行った結果を図 12 の真ん中の列に示す。冷凍スパゲッティを載せた紙皿をプラスチックの容器で電子レンジの底面から浮かせた。配置を変えることで、マイクロ波の当たり方が変化することが予想されるが、温度分布の改善は見られなかった。

家庭では、冷凍調理食品を温める際、室温に若干放置した後に加熱するということが行われる。これは、冷凍食品の温まり具合が改善されることが期待されるからである。そこで、室温で 35 分間放置した後に電子レンジ加熱を行った。自然解凍によって温まった分、加熱時間を短くして加熱した。結果を図 12 の右側の列に示す。加熱時間が短いためか、温度分布は改善されなかった。

図 12. 冷凍スパゲッティ（ボンゴレビアンコ）の熱画像（加熱条件比較）

裏にして加熱：3 分 30 秒		自然解凍 35 分
表にして加熱：2 分	スパーサー有り 加熱時間：5 分 30 秒	加熱時間：4 分 30 秒
表	表	表

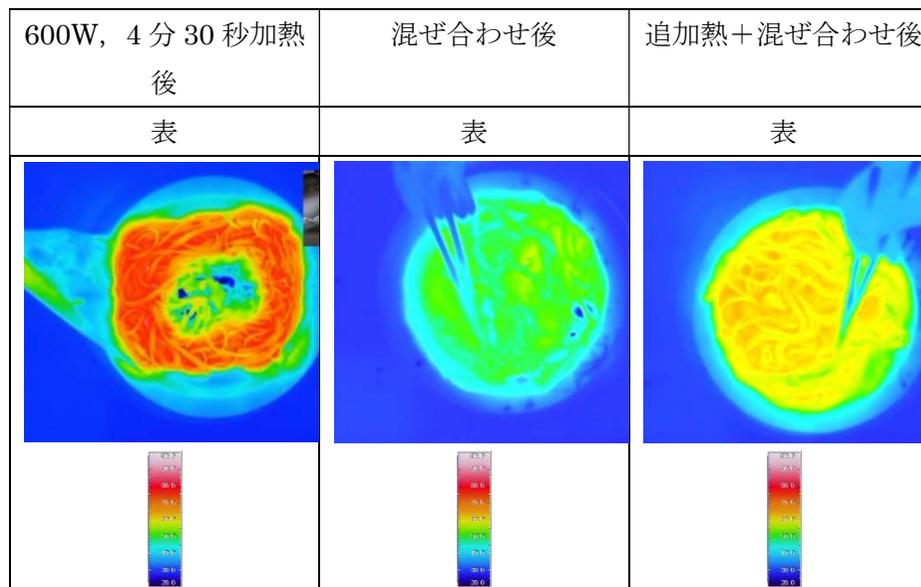


調理済冷凍スパゲッティのパッケージには、「加熱ムラをなくすために、よく混ぜ合わせてください」、「冷たい場合は軽くラップをして10秒ずつ再加熱してください」等の記載がある。

そこで、標準の加熱に加え、混ぜ合わせた後、30秒の追加加熱実験を行うことにした。結果を図13に示す。600Wで4分30秒の加熱を行った結果、図13(左)のような熱画像が得られ、アサリの具を中心として温

度の低い部分が生じた。これを混ぜ合わせると、図13(中央)のようになり、スパゲッティ全体の温度が50°C前後になった。その状態でも、なお、アサリは冷たい状態であった(図13(中央)の熱画像で、青くなっている点の部分)。600W、30秒の追加加熱を実施してかき混ぜると、下に溜まっているソースの部分がやや赤くなっており、めんよりもよく加熱されていることが分かった。よくかき混ぜた後の画像が図13(右)の図である。全体が60~70°Cに均一になっており、全体的に温かく、また、食感もアルデンテでおいしい状態が得られた。

図13. 冷凍スパゲッティ(ボンゴレビアンコ)の熱画像(追加加熱の効果)



4 まとめ

冷凍パスタを対象に、電子レンジで解凍調理する際の加熱ムラ対策やおいしく調理する方法について検討した。

業務用冷凍スパゲッティ（細めん、太めん）について検討した結果、具がない業務用スパゲッティの加熱ムラは少なく、めんの太さは細い方が良好な温度分布結果が得られた。断熱フィルムを用いた加熱では、加熱ムラに大きな違いは観察されなかったが、食感が柔らかくなり、特に冷凍やけを起こしている部分も食べられる柔らかさになった。

様々な種類の調理済冷凍スパゲッティの電子レンジ加熱を行ったところ、それぞれの商品に特徴的な温度分布が得られた。特に、具やソースの量や配置によって、温度分布が変化した。具やソースが多いと温度分布が生じ、ソースが不均一に固まっても温度分布が大きくなる傾向があった。

調理済スパゲッティであるボンゴレビアンコを用いた加熱では、電子レンジ設定条件（マイクロ波出力、加熱時間）や加熱条件（配置や包装フィルム）を変化させて実験を行った。マイクロ波出力は 600W よりは 500W の方が、良好な温度分布が得られた。しかし、実際に家庭で調理する場合、時間短縮のため、500W よりは 600W や 1000W 等、より大きな出力を選択するものと思われる。温度分布が生じても、かき混ぜて全体の温度分布を均一にしてから追加熱を行うことで、良好な温感・食感を持ったパスタに調理できた。

[1] 「平成 29 年(1～12 月)冷凍食品の生産・消費について（速報）」、一般社団法人日本冷凍食品協会調べ