

家庭用IHクッキングヒーター技術

私市広康*
中村 宏**

Technologies of Mitsubishi IH-cooker

Hiroyasu Kisaichi, Hiroshi Nakamura

要 旨

三菱電機が2009年9月に発売したIH(Induction Heating)クッキングヒーター“CS-G39HN”は、加熱口の一つに内側加熱コイルと外側加熱コイルを個別に駆動させ、内向対流と外向対流を交互に発生させる対流煮込みモードを搭載した。交互対流が生み出すかきませ効果によって、カレーやシチュー、肉じゃが等でうまみを隅々までしみ込ませることができるようになった。

内側加熱コイルと外側加熱コイルの各駆動回路は、スイッチング素子のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を共用して使用する新しい回路方式と、モータ用インバータに広く使われているIPM(Intelligent Power Module)の

適用によって、コンパクトな駆動回路を実現した。これによって、大型ピザも焼ける幅360mm、奥行き296mmのグリルスペースを確保した。

さらに、鍋(なべ)温度を高速で検知する光(赤外線)センサを搭載することで、従来の接触式温度センサでは応答が遅く実現が困難であったフライパンの自動予熱を実現した。フライパンの温度が適温になったことを光センサが検知して食材投入のタイミングを使用者に報知することで、これまで勘に頼っていた炒(いた)め物や焼き物調理などが最適な温度で開始できるようになった。



IHクッキングヒーター2009年度製品“CS-G39HN”

対流煮込み加熱、光センサの機能を搭載した。加熱コイル駆動回路をコンパクトにすることで、グリルをIHクッキングヒーターの中央に配置したセンターレイアウト構造を実現した。さらにグリル庫内スペースも幅360mm、奥行き296mmを確保することで、大型ピザも焼けるようにした。

1. ま え が き

IHクッキングヒーターの2009年度の全需は、景気後退の影響もあり前年比95%の年間約84万台(三菱電機予測)の見込みであるが、炎を使用しない安全性やガスコンロのような五徳がなくガラストップであることから清掃性が優れていることが広く認知されており、高齢化や環境、安全に対する意識向上からオール電化の拡大が進み、早期の需要回復が見込まれる。IHクッキングヒーターは、全需のうちシステムキッチンに組み込まれるビルトイン型が約81%を占め主流となっている。三菱電機では、2009年9月に対流煮込み加熱、光センサ、センターワイドグリルの機能を搭載したビルトイン型のIHクッキングヒーター“CS-G39HN”を発売した。

本稿では、これらの新しい機能について述べる。

2. 対流煮込み加熱

2.1 対流煮込み加熱コイル

新たに開発したトリプルリング加熱コイル(図1)を使って、対流煮込み加熱を実現している。トリプルリング加熱コイルは、内側加熱コイル(二重)と外側加熱コイル(一重)を個別に動作できるようになっている。高火力で加熱する場合は、各加熱コイルを同時に駆動させるが、煮込みモードでは、図2に示すように内側加熱コイルと外側加熱コイルを交互に駆動させ、内向対流と外向対流を発生させる。交互対流によるかきまぜ効果によって、カレーやシチュー、肉じゃが等でうまみを隔々までしみ込ませることができる

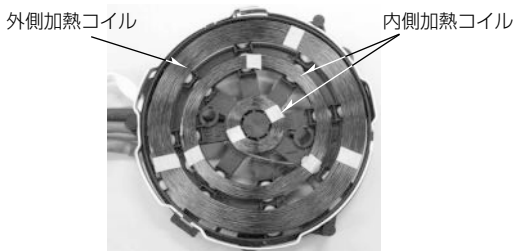


図1. トリプルリング加熱コイル

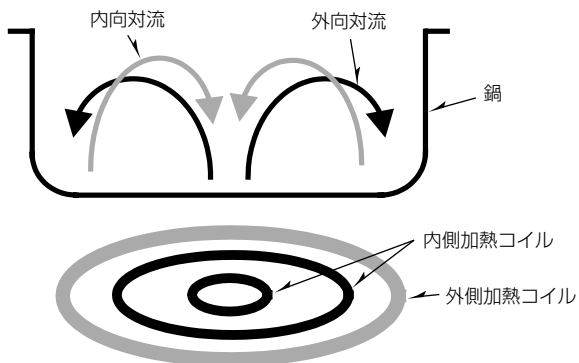


図2. 対流煮込み加熱

ようになった。また、加熱開始時に、各加熱コイルに微弱の電流を流し、その値によって鍋の大きさを判定している。外側加熱コイルの直上に鍋が存在しない小鍋の場合は、外側加熱コイルは動作させず、内側加熱コイルのみを駆動するようにしたので、外側加熱コイルからの加熱に関与しない高周波磁界の発生がなく、無駄のない効率的な加熱を実現している。

2.2 加熱コイル駆動回路方式

従来の加熱コイル駆動回路の代表的なものとして、加熱コイル両端にスイッチング素子のIGBTを4個配置したフルブリッジ回路(図3)がある。

電力制御方式としては、IGBTのオン時間を変えるデューティ制御方式と位相を変える位相制御方式があるが、低火力時の損失が少ない位相制御方式を採用している⁽¹⁾。位相制御方式は図3の①ではUPとVNがオン状態にあり、UPを介して電源から加熱コイルに電流が供給される。②でVNをオフしてVPをオンするとUPとVPとの閉回路で電流が流れる。③でVPとUNをオンするとVPを介して電源から逆方向の電流が加熱コイルに供給される。④でVNをオンするとUNとVNとで閉回路で電流が流れる。①から④の動作を繰り返すことで加熱コイルに交流電流が流れる。IGBTの駆動位相を変えて①と③の期間を広げれば、加熱コイルに投入される電力が増え、①、③の期間を短くすると加熱コイルに投入される電力は小さくなる。

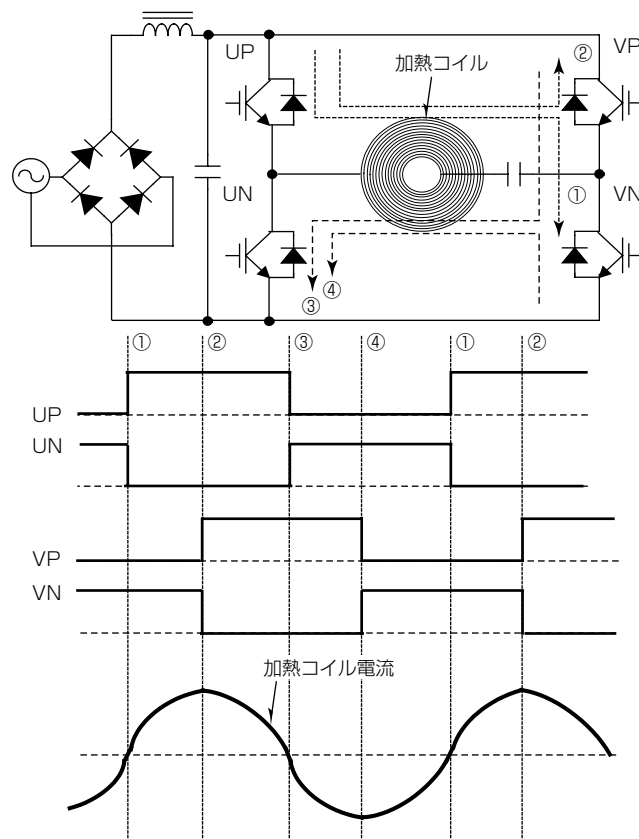


図3. フルブリッジ回路

対流煮込み加熱は、2個の加熱コイルを個別に駆動させるため、フルブリッジ回路が2回路必要となり、合計8個のIGBTを必要とするが、開発した駆動回路は、図4に示すようにA部分を共通とすることで6個のIGBTで2組のフルブリッジ回路を実現している。6個のIGBTで実現できることから、モータ用に広く利用されている3相用のIPMが適用できた。図5に外形写真を示すが、従来の加熱コイル駆動回路に使用されているIGBTに比べ、6素子のIGBTを一つのパッケージに集積し、さらにIGBTを駆動するドライバ回路及び各種保護回路が内蔵されているため、周辺回路も不要で回路基板の小型化が実現できた。

3. 光 セン サ

3.1 光センサ方式

従来のIHクッキングヒーターは鍋の温度を天板裏に設置した接触式温度センサで検出しているが、鍋の熱が天板裏に伝達するまでに時間を要するため、高速での温度検知が困難であった。光センサは、図6に示すように鍋から放射される赤外線を受光して温度算出するため、高速な温度検知を実現した。

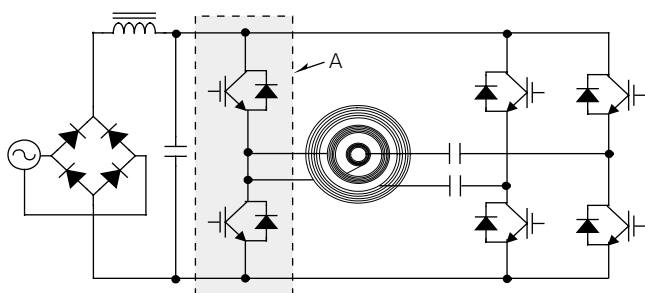


図4. トリプルリング駆動回路

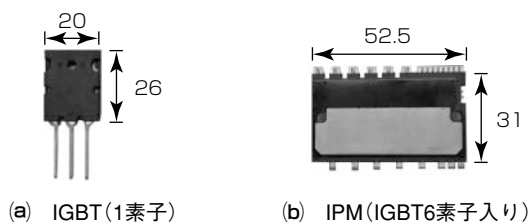


図5. IGBTとIPMの外形

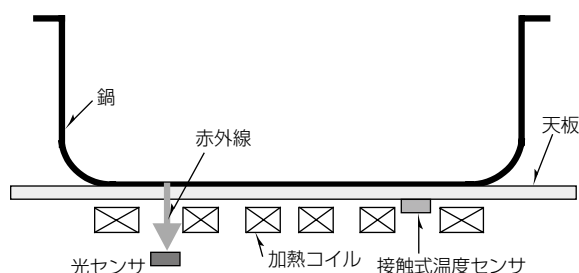


図6. 光センサ構成図

3.2 温度変換

図7に示すように、黒体が放射する赤外線強度は黒体の温度が高いほど増える。物体の赤外線放射率を ϵ (黒体=1)、物体の温度 T (K)、光センサ自身の温度を T_0 (K)、ステファンボルツマン定数を σ とすると、物体が放射する赤外線強度 P (W/cm^2)は

$$P = \sigma \cdot \epsilon (T^4 - T_0^4) \dots\dots\dots(1)$$

で表すことができる。

光センサは、鍋から放射される赤外線を受光し、その強度 P と光センサ自身の温度 T_0 から鍋温度 T を算出している。しかしながら、天板には図7で示すように透過特性があり、 $4\mu m$ 以上の波長領域の赤外線はカットされてしまう。この天板による赤外線のカット分を考慮して式(1)を補正して温度変換を行い、精度の良い温度検知を実現している。従来の接触式温度センサでは、鍋温度が急速に上昇するため応答が遅く実現が困難であったフライパンの自動予熱を実現した。フライパンの温度が適温になったことを光センサが検知して食材投入のタイミングを使用者に報知することで、これまで勘に頼っていた炒め物や焼き物調理などが最適な温度で開始できるようになった。

このように光センサには応答性が良いという利点があるが、一方で鍋の材質や表面状態によって赤外線放射率 ϵ が変わるため誤差が大きくなる場合がある。また、低温時は天板を通過する赤外線量が少ないため、低温領域の温度検知が苦手などの欠点がある。これらの欠点は、従来ある接触式温度センサとの併用によって解決している。光センサによる鍋温度と接触式温度センサによる天板温度を比較し、温度制御に使用する温度を選択しているため、応答性に優れ、温度検出誤差も少なく、かつ低温時の温度検知も可能な温度制御を実現している。

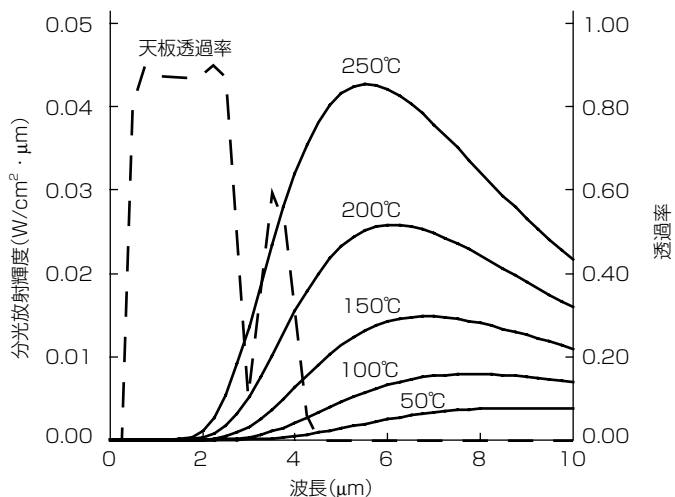


図7. 分光放射輝度



図8. センターワイドグリル

4. センターワイドグリル

対流煮込み加熱の高機能を取り入れたが、新しい回路方式とIPMを使用することで、加熱コイルの駆動回路を小型化できた。これによって、グリルをIHクッキングヒーターの中央に配置したセンターレイアウト構造を実現し、グリル庫内スペースも幅360mm、奥行き296mmを確保し、

大型ピザも焼けるようにした(図8)。大きな庫内サイズを活用できるように専用のグリルディッシュが付属した機種もそろえ、パン焼き、ハンバーグ、チーズケーキなどの様々なグリル調理を行えるようにした。さらに、グリル庫内には遠赤外線効果のある炭コーティングを施し、魚がおいしく焼けるようにした。

5. むすび

IHクッキングヒーターは、まだ歴史も浅く、基板の小型化、温度検知性能の向上による調理補助・自動調理の拡大など進化の余地がある。進化した新しい技術でユーザーベネフィットにかなった商品提案を行い、IHクッキングヒーターの普及率を更に高めていきたい。

参考文献

- (1) 私市広康, ほか: 汎用IPMのIHインバータへの適用, 三菱電機技報, **80**, No.6, 390~395 (2006)