

AIによる最適温度制御を実装した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”

水野逸人*
Hayato Mizuno
前田 剛*
Go Maeda

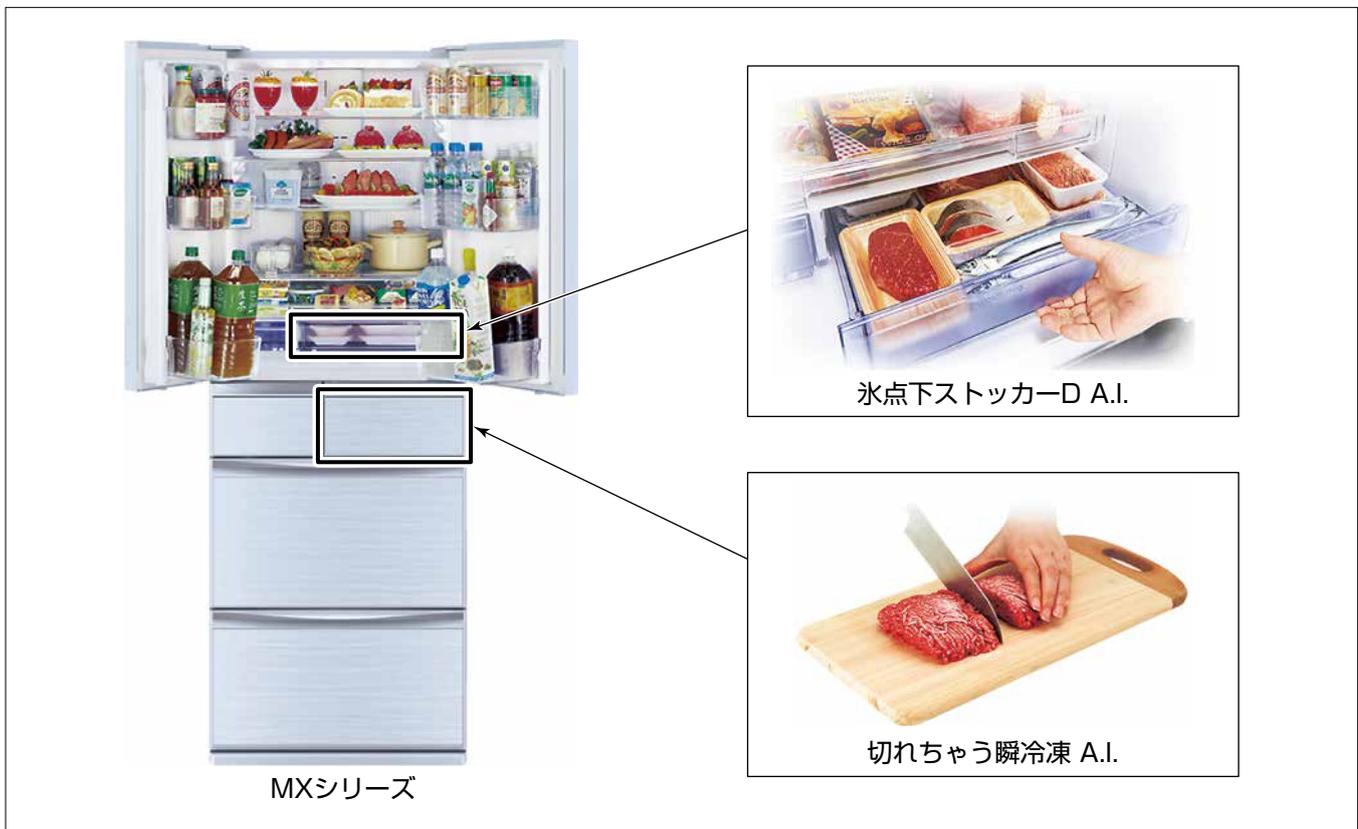
Mitsubishi Refrigerator "MX Series" Implemented Optimal Temperature Control Utilizing Artificial Intelligence

要 旨

過冷却現象を利用し、氷点下でも凍らせずにおいしく長く保存できる“氷点下ストッカーD”，食材をおいしく冷凍し、冷凍保存した肉や魚が切れたり、はがせたり、ソースをすくえたり、カット野菜を簡単にほぐせる状態で冷凍できる“切れちゃう瞬冷凍”等の三菱冷蔵庫の独自機能は大いに好評を得ている。

近年、共働き世帯の増加や、食品ロスの削減に対する意識の高まりを背景に、まとめ買いした食品を、長くおいしく保存できる冷蔵庫が求められている。その需要に応えるため、2020年モデルでは“氷点下ストッカーD”と、“切れちゃう瞬冷凍”の二つの独自機能について、食品保存期間延長に取り組んだ。二つの独自機能に三菱電機の開発AI(Artificial Intelligence)技術を組み合わせることでこ

の機能での食品保存期間延長を実現させる。AIで生活パターンを分析し、顧客の生活スタイルに合わせて、冷蔵庫を使用していない時間に冷やし込みを行う制御を加えた仕様で食品保存性評価を行った。その結果、“氷点下ストッカーD A.I.”では、かたまり肉の保存期間を従来の約7日間から約10日間に延長することを可能にした。また、“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”でも、食品保存期間を、従来の約2～3週間から約3週間まで延長可能にした。二つの独自機能の保存期間延長に加えて、これらの機能を簡単に設定できる“おまかせA.I.自動”を追加し、より便利に使い勝手が向上した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”を2020年1月31日に発売した。



“氷点下ストッカーD A.I.”“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”搭載の三菱冷蔵庫“MXシリーズ”

2020年1月31日発売の三菱冷蔵庫“MXシリーズ”は、独自の食品保存機能“氷点下ストッカーD”と“切れちゃう瞬冷凍”に当社開発のAI技術を組み合わせることで、AIが庫内の温度を最適に制御し、まとめ買いした食材をおいしく長く保存できる。また、新しく追加した“おまかせA.I.自動”ボタンを押すだけで、これら二つの部屋の温度を最適に自動制御することを可能にし、より使い勝手の良い機能に進化させた。

1. ま え が き

当社は、“家事をもっとラクに楽しく”をコンセプトに、様々なライフスタイルに寄り添う冷蔵庫を提案し、顧客の好評を得ている。食材をおいしく冷凍し、冷凍保存した肉や魚が切れたり、はがせたり、解凍いらずの時短クッキングが可能な“切れちゃう瞬冷凍”や、肉や魚を生のまま、おいしく便利に保存できる“氷点下ストッカーD”等の便利な独自機能を搭載している。

2019年にAIを搭載し、AIが顧客の生活スタイルを分析することで、これまでボタン操作が必要であった“切れちゃう瞬冷凍”を、ボタン操作なしで自動的に瞬冷凍を開始できる、より便利で使い勝手の良い機能に進化させた。

近年、共働き世帯の増加を背景に、仕事、趣味、子育てや介護などと、家事の両立のために更なる家事時間の短縮が求められている。また、2019年10月1日に「食品ロスの削減の推進に関する法律」が施行され、社会的にも食品ロス削減に対する意識が高まってきている。当社はこれまで、“氷点下ストッカーD”と“切れちゃう瞬冷凍A.I.”という二つの独自機能を搭載した冷蔵庫で家事時間の短縮と生鮮食品の長期保存などに貢献してきた。この二つの独自機能の進化として、AIを活用し、更なる食品保存期間延長の実現に取り組んだ。

2. 三菱冷蔵庫の独自機能

肉や魚の生鮮食品は、すぐに消費する場合は冷蔵又はチルド室に保存し、すぐに使用しない場合は冷凍室に入れて保存する方法が一般的である。しかしながら、冷凍保存すると、食品を長期間保存できる一方で、凍結の過程で食品の表面から中心に向かって針状の結晶が生成され、食品の組織や細胞を傷付けてしまうため、解凍時のドリップ流出や食感の変化等が発生し、食品本来のおいしさを損なってしまう。また、調理の際に解凍する手間も発生してしまう。三菱冷蔵庫では独自機能として、この問題を解決する“切れちゃう瞬冷凍”を搭載している。また、この問題を発生させないように、そもそも冷凍せずに長期間保存したいという要望にも応えて“氷点下ストッカーD”を搭載している。

2.1 氷点下ストッカーD

“氷点下ストッカーD”は、過冷却現象を利用することで、食品を凍結させずに氷点下で保存させる機能である。過冷却現象とは、凍結点以下であっても、食品に含まれる水分が凍結しない状態で維持される現象を指す。その状態で食材を保存することで、食材が凍結による損傷を受けること

なく、0～-3℃の低温下で保存されるため、ドリップの流出を抑制しつつ、肉や魚を、約1週間と、冷蔵保存よりも長期間保存できる。

2.2 切れちゃう瞬冷凍

“切れちゃう瞬冷凍”は、冷凍時に食材に与えるダメージを最小限に抑えておいしく冷凍するために、特殊な制御を行っている。“氷点下ストッカーD”と同様、過冷却現象を利用しており、初めに、食材全体をゆっくり均一に冷やすことで、過冷却状態を作り出す。次に、その状態で温度変化による刺激を与えることで、過冷却状態を解除する。すると、食品全体に一瞬で氷核が形成され、形成された氷核をベースに微細な氷結晶が食品全体に均一に生成される。最後に冷却を続け、約-7℃まで冷やし込むことで完了する。微細な氷結晶が均一に生成されるため、通常の冷凍と異なり、食材へのダメージが小さく、解凍時のドリップも抑制できる。

この二つの独自機能によって三菱冷蔵庫は、1週間以内に使う食材は“氷点下ストッカーD”へ保存、2～3週間以内で使用する場合は“切れちゃう瞬冷凍”へ保存、それ以上の長期保存の場合は冷凍室と、食品の用途、保存期間に合わせておいしく保存できる機能を提供してきた。

2.3 切れちゃう瞬冷凍 A.I.

“切れちゃう瞬冷凍”は特殊な温度制御を行うため、食品を入れた後に顧客自身でのボタン操作が必要であった。食品投入のたびに毎回ボタン操作をしなければならない面倒さやボタン操作を忘れてしまうなど、便利な機能ではあるが、その使い勝手についての改善要望があった。

そこで、2019年モデルで、冷蔵庫に搭載した人工知能(AI)を活用し、顧客の生活パターンを分析することで、自動で瞬冷凍の温度制御を開始できるようにした。具体的には、各部屋に設置された扉開閉を検知するセンサから顧客の扉開閉データを収集し、1時間ごとの扉開閉回数情報を積み重ねることで、顧客の活動期間、非活動期間を予測し(図1)、活動期間内で、瞬冷凍の扉開閉を検知したら瞬冷凍を開始し、非活動期間内で、確実に凍結させる制御に

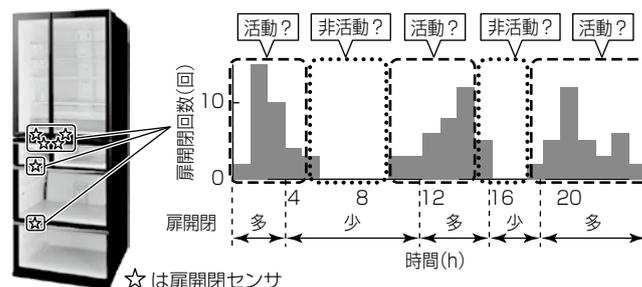


図1. 扉開閉による活動/非活動期間の予測

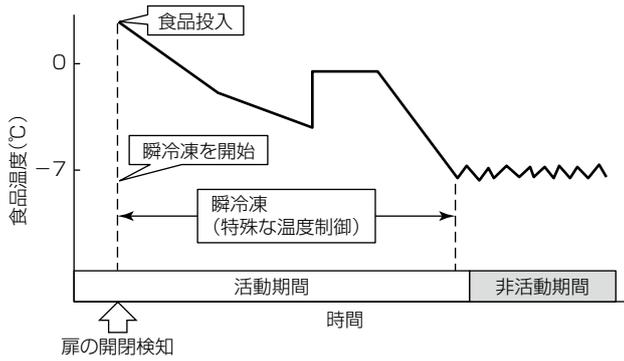


図2. 切れちゃう瞬冷凍 A.I.の温度制御

することで、ボタン操作不要の“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”へと進化させた(図2)。

3. 氷点下ストッカーDの保存期間延長

2020年モデルでは、扉開閉検知によって顧客の生活パターンを分析し、活動期間、非活動期間を予測する独自AI技術を応用し、“氷点下ストッカーD”の保存期間延長に取り組んだ。

従来の“氷点下ストッカーD”は、氷点下での食材の氷結を防止するため、約10時間のサイクルで、凍結点以下への冷やし込み、昇温を繰り返し行っていたが、新制御では、顧客の活動時間、非活動時間を分析する独自AI技術を組み合わせ、顧客の生活スタイルに合わせた温度制御を行うことで、シーケンストータルでの平均温度を下げることを可能にした。

新温度制御では、冷却サイクルを24時間にして、顧客の活動期間中は、凍結リスクの低い食品凍結点近傍の温度に保ち、非活動期間内で凍結点以下への冷やし込みと、氷結防止のための昇温工程を完了させる。扉開閉のない非活動期間内で、冷やし込みから昇温工程を完了させることができるため、温度変動の大きい工程を安定して制御可能になる。また、顧客が食材を使用しない時間内で昇温工程を行うことで、従来制御よりも昇温温度を高く設定できる。設定温度を上げることで昇温工程を短時間で完了させ、

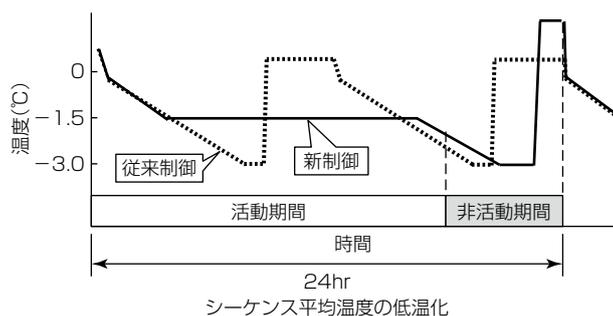


図3. 氷点下ストッカーの新温度制御仕様

シーケンストータルでの平均温度を下げることを実現した(図3)。

4. 保存期間延長評価

4.1 保存期間の確認

新温度制御を適用した場合にどの程度保存期間を延長できるのか評価を行った。一般に日持ちのしない代表的な食材である牛ひき肉を用いて、生菌数を測定し、初期腐敗とされる生菌数 $10^7/g$ に到達するまでの日数を、冷蔵室、チルド室、“氷点下ストッカーD”(従来制御)、“氷点下ストッカーD A.I.”(新制御)について確認した。その結果、図4及び表1に示すとおり、牛ひき肉保存可能期間は、冷蔵室が3日間、チルド室は4日間、“氷点下ストッカーD”は7日間、“氷点下ストッカーD A.I.”は8日間と、新制御にすることで、保存期間延長を実現した。

4.2 食品変色の確認

牛肉などの赤色は、次第に褐変してくることが知られている(メト化)。褐変が進行すると、見た目だけでなく、風味も劣化させると言われている。食品の鮮度を示す一指標として、変色に着目し、牛ひき肉を用いて評価を実施した。チルド室、“氷点下ストッカーD”(従来制御)、“氷点下ストッカーD A.I.”(新制御)それぞれの温度で7日間保存し、分光色差計を用いて変色の比較を行った。赤色の退色程度を比較すると、“氷点下ストッカーD A.I.”の色差変化 Δa^* の値が最も小さく、従来保存方法と比較し、変色を抑制する結果を得た(図5)。

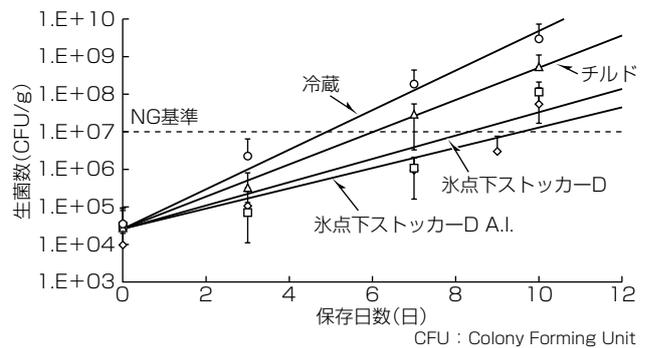


図4. 牛ひき肉の生菌数の経時変化

表1. 保存日数と生菌数

保存条件	日数(日)	生菌数(CUF/g)
初期値	0	3.E+04
氷点下ストッカーD A.I.	8	4.E+06
氷点下ストッカーD	7	1.E+06
従来チルド	4	1.E+06
冷蔵	3	2.E+06

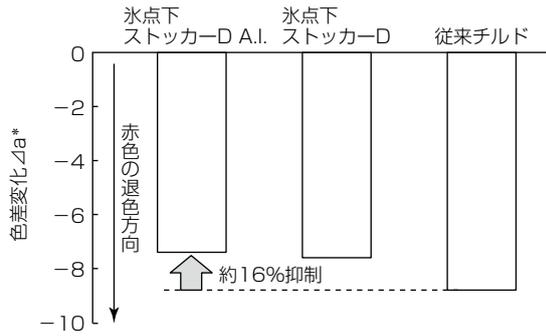
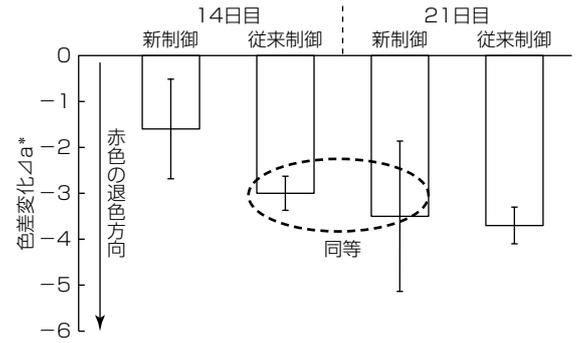
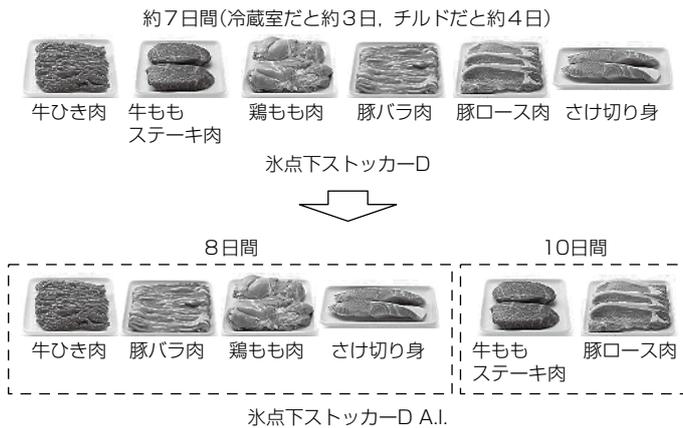
図5. 保存期間8日目の色差変化 Δa^* の比較図8. 保存期間2週目、3週目の色差変化 Δa^* の比較

図6. 氷点下ストッカーD A.I.各食品の保存可能期間

4. 1節での評価結果と合わせて、同様の試験を他食品についても確認した結果、新制御では、図6のとおり保存期間の延長を可能にした。

5. 切れちゃう瞬冷凍 A.I.の保存期間延長

“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”についても、顧客の非活動期間中に冷やし込みを行い、食品保存期間中の平均温度を下げることで、保存期間を延長させる検討を行った(図7)。

4. 2節と同様に、従来制御と新制御で、2週間、3週間保存後の牛ひき肉について、 Δa^* の値を比較した結果、従来制御2週間保存後の値と、新制御3週間保存後の値が

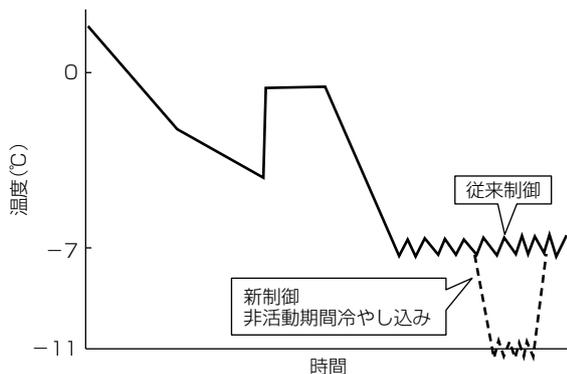


図7. 切れちゃう瞬冷凍 A.I.の新温度制御仕様



図9. おまかせA.I.自動設定

同等の値になり、新制御では、従来制御2週間の保存品質を3週目まで維持可能にした(図8)。

6. おまかせA.I.自動

2019年モデルでは、“氷点下ストッカーD”や“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”などの機能は操作パネル上のそれぞれのアイコンで設定する必要があるため、複数設定が手間、最適な設定が分からないといった指摘を受けていた。2020年モデルでは、そういった声に応えて、“おまかせA.I.自動”設定を追加した(図9)。この機能は、ワンタッチで各部屋の機能を一括設定可能で、各部屋の使用状況をAIが分析して、顧客の生活パターンを予測し、自動で機能のON/OFFを行う。各部屋の独自機能ON/OFFをAIが自動で設定することで、顧客の生活スタイルに合わせた最適設定を提供可能にした。

7. むすび

独自機能“氷点下ストッカーD”と“切れちゃう瞬冷凍 A.I.”と当社開発のAI技術を組み合わせることで、二つの独自機能について、保存期間延長を実現した。さらに、これらの機能を簡単に設定できる“おまかせA.I.自動”を追加し、より便利に使い勝手が向上した三菱冷蔵庫“MXシリーズ”を2020年1月31日に発売した。

今後も、“家事をもっとラクに楽しく”をコンセプトにして、顧客の様々なライフスタイルに寄り添う冷蔵庫の開発に取り組んでいく。