

明 細 書

発明の名称：

バウムクーヘン焼成システム、バウムクーヘン焼成支援システム、プログラム及びバウムクーヘンの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、バウムクーヘン焼成機を利用するコンピュータシステムに関する。

背景技術

[0002] バウムクーヘン焼成機は、バウムクーヘンの生地を塗布した回転軸をオープン内で回転させる。これにより、生地の外周面が一周の全体にわたって略均一に焼き上げられる。外周面が焼き上がると、バウムクーヘン焼成機は、その上からさらに生地を塗布し、オープン内で回転させる。このように、生地の塗布と、オープン内での回転による生地の外周面の焼き上げとを繰り返すことで、年輪のような層構造を有するバウムクーヘンが焼き上がる。

[0003] バウムクーヘンの焼き加減は、品質に大きな影響を与えるため、重要である。そのため、熟練の技術を持った職人が、バウムクーヘン焼成機を操作して、適切な焼き加減でバウムクーヘンを焼成している。

[0004] 例えば、特開2021-010333号公報には、バウムクーヘン焼成機が開示されている。このバウムクーヘン焼成機は、焼成炉内に設けられた回転ドラムと、回転ドラムに架けられた6本の架棒体を、第1の公転間歇停止位置から第6の公転間歇停止位置まで順に公転移動させる公転運動と架棒体の自転運動を制御する駆動機構を備える。さらに、駆動機構の間歇的な公転運動と同期して公転運動軌跡を遮断するよう進退作動する第1の仕切りシャッターおよび第2の仕切りシャッターがバウムクーヘン焼成機に設けられる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2021-010333号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記従来のようなバウムクーヘン焼成機は、同時に複数のバウムクーヘンを焼成することができる。しかし、例えば、地域に根ざした洋菓子店等のような小規模な店舗は、このような大型のバウムクーヘン焼成機を導入するのは難しい。また、バウムクーヘン焼成機を導入しても、焼き加減を見ながらバウムクーヘン焼成を操作できる職人がいなければ、バウムクーヘンを提供するのは難しい。しかし、バウムクーヘン職人の数は限られている。例えば、バウムクーヘン発祥の地であるドイツでは、バウムクーヘンを製造販売する小規模店は少ない。ドイツの一般市民にとって、バウムクーヘンは、身近な菓子ではなく、特別な高級菓子となっている。

[0007] そこで、本願は、複雑な機構を持つバウムクーヘン焼成機又は熟練の職人による操作がなくても、品質の高いバウムクーヘンを製造できるバウムクーヘン焼成システム、バウムクーヘン焼成支援システム、プログラム、及びバウムクーヘンの製造方法を開示する。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の実施形態におけるバウムクーヘン焼成システムは、サーバとデータ通信する通信部と、オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層されたバウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有するバウムクーヘン焼成機と、前記バウムクーヘン焼成機を制御する制御部と、を備える。前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能である。前記制御部は、前記カメラで撮影された前記オープンの焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層

の生地焼成を自動制御する自動制御部と、を有する。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、複雑な機構を持つバウムクーヘン焼成機又は熟練の職人による操作がなくても、品質の高いバウムクーヘンを製造できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本実施形態のシステム全体の構成例を示す図である。

[図2]図2は、バウムクーヘン焼成システムの制御部の構成例を示す図である。

[図3]図3は、自動制御によりバウムクーヘンを焼成する処理の一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、リモート制御によりバウムクーヘンを焼成する処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]図5は、図4のS205の制御処理の例を示すフローチャートである。

[図6]図6は、図4のS205の処理で表示される画面例を示す図である。

[図7]図7は、図1に示すサーバの動作例を示す図である。

[図8]図8は、本実施形態におけるバウムクーヘン焼成機の正面図である。

[図9]図9は、図1に示すバウムクーヘン焼成機の側面図である。

[図10]図10は、回転ロール3が、生地塗布位置にある状態を示す図である。

[図11]図11は、制御部8によるバウムクーヘン焼成機1の制御処理の一例を示すフローチャートである。

[図12]図12は、カメラ7の撮影で得られる画像の一例を示す図である。

[図13]図13は、判定処理に用いるニューラルネットワークの構成例を示す図である。

[図14]図14は、焼成開始から、焼成終了までに、制御部8が取得する画像群の例を示す図である。

[図15]図15は、バウムクーヘン焼成機1の焼成動作に基づいて、学習処理のための教師データを収集する処理の一例を示すフローチャートである。

[図16]図16は、本実施形態のシステム全体の変形例を示す図である。

[図17]図17は、生地レシピデータが示す内容の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 発明者は、職人がバウムクーヘン焼成機を操作してバウムクーヘンを焼成する動作をセンシングして分析を行った。職人の技のデータ化し、データを用いた自動制御により職人の技を再現することを試みた。試行錯誤の末、発明者は、職人がバウムクーヘンの生地の外周面の焼き色を見て焼き加減を判断する又は焼成を制御する部分について機械学習によりデータ化することが、データを用いた職人技の再現において特に有効であることを見出した。下記実施形態は、この知見に基づき想到したものである。

[0012] (構成1)

本発明の実施形態におけるバウムクーヘン焼成システムは、サーバとデータ通信する通信部と、オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層されたバウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有するバウムクーヘン焼成機と、前記バウムクーヘン焼成機を制御する制御部と、を備える。前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能である。前記制御部は、前記カメラで撮影された前記オープンの焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地の焼成を自動制御する自動制御部と、を有する。

[0013] 上記構成1において、バウムクーヘン焼成システムのバウムクーヘン焼成機は、生地容器、回転ロール、カメラ及び制御部を有する。サーバは、バウムクーヘン焼成システムに学習済モデルを提供する。学習済モデルは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像と焼き加減判断又は焼成制御との関係を学習して得られたデータである。バウムクー

ヘン焼成システムでは、カメラの画像を基に学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定できる。これにより、バウムクーヘンの各層の生地焼成における生地の外周面の色に基づく焼き加減の判断又は焼成制御の仕方を、サーバとバウムクーヘン焼成システムで共有することができる。発明者は、この部分を共有することで、バウムクーヘン焼成システムにおける品質の高いバウムクーヘンの製造が容易になることを見出した。バウムクーヘン焼成システムは、例えば、複雑な機構を持つバウムクーヘン焼成機や、熟練の技を持つ職人を導入しなくても、品質の高いバウムクーヘンを製造することができる。その結果、バウムクーヘンを提供する事業が容易になる。

[0014] 前記自動制御部は、前記判定結果に基づき、積層されたバウムクーヘンの生地が積層された前記回転ロールを前記オープンの焼き位置から他の位置へ移動させて1層分の焼成を終了する時期を自動制御してもよい。これにより、学習済モデルを用いて各層の焼成時間が自動制御される。

[0015] 前記サーバがアクセス可能な前記記憶部には、複数の学習済モデルが記録されてもよい。複数の学習済モデルの各々には、焼成条件が対応付けて記録されてもよい。前記制御部は、前記操作者から、製造しようとするバウムクーヘンの焼成条件の入力を受け付けるユーザインタフェース部をさらに有してもよい。前記自動制御部は、前記サーバから提供される学習済モデルとして、前記操作者が入力した前記焼成条件に対応する学習済モデルを用いて、前記自動制御を行ってもよい。これにより、焼成条件に応じた適切な自動制御が可能になる。焼成条件には、例えば、学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成に貢献した職人に関する条件、生地に関する条件（生地の材料、又は、生地の物性値等）、回転ロール（芯棒）のサイズ、又は、生地の層数のうち少なくとも1つが含まれてもよい。

[0016] 学習済モデルを生成するための学習（機械学習）は、例えば、ニューラルネットワークを用いたディープラーニングであってもよい。学習済モデルは、例えば、画像を入力とし、焼き加減の判断結果（例えば、焼き加減を示す値、又は焼き加減が適切か否か等）又は焼成制御（例えば、焼成時間を制御

するための値等)を出力するためのデータセットであってもよい。データセットは、例えば、ニューラルネットワークの層間の重みを示すパラメータであって、学習によって調整された値のパラメータを含む。なお、学習は、ニューラルネットワークを用いたものに限られない。例えば、回帰分析又は決定木等を用いた機械学習により、学習済モデルを生成してもよい。このような機械学習の例として、例えば、線形回帰、サポートベクターマシン、サポートベクター回帰、Elastic Net、ロジスティック回帰、ランダムフォレスト等の手法が挙げられる。学習済モデルは、その学習済モデルを用いて焼成制御するバウムクーヘン焼成機での学習により生成されてもよいし、そのバウムクーヘン焼成機とは異なるバウムクーヘン焼成機での学習により生成されてもよい。

[0017] (構成2)

上記構成1において、前記サーバがアクセス可能な前記記憶部には、前記学習済モデルが複数記録されてもよい。前記複数の学習済モデルの各々には、各学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成に貢献した職人を示す職人データが、対応付けて記録されてもよい。前記制御部は、さらに、操作者から職人の指定を受け付けるユーザインタフェース部を有してもよい。前記自動制御部は、前記サーバから提供される学習済モデルであって、前記指定された職人を示す職人データに対応付けられた前記学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された前記画像を基に前記焼き加減又は焼成制御を判定することができる。

[0018] 発明者は、生地の外周面の焼き色による焼き加減判断又は焼成制御は、職人ごとに微妙に異なり、これが職人ごとのバウムクーヘンの品質に影響することを見出した。上記構成2によれば、サーバは、職人ごとの学習済モデルの提供が可能である。バウムクーヘン焼成システムでは、指定された職人に対応する学習済モデルを用いた自動制御により、指定された職人による焼成に近い焼成を再現できる。

[0019] 職人は、バウムクーヘン焼成機を操作してバウムクーヘンを焼成する技術

を持った人又は人の集団である。職人の持つ技術のレベルは、高い方が好ましいが、特に、限定されない。職人を示す職人データは、職人の個人を特定するデータであってもよいし、職人としての集団（組織、グループ又はチーム等）を特定するデータであってもよい。職人は、例えば、マイスター又はパティシエと称させる個人であってもよいし、バウムクーヘン製造店、バウムクーヘン製造会社、その他のバウムクーヘンを製造する団体であってもよい。

[0020] （構成3）

上記構成1又は2において、前記制御部は、前記通信部を介してデータ通信可能なリモート端末に、前記カメラで撮影されたバウムクーヘンの生地の外周面の画像をリアルタイムで提供し、前記リモート端末から受信した操作指示に従って、前記バウムクーヘンの各層の生地の焼成を制御するリモート制御部をさらに有してもよい。なお、制御部は、前記自動制御部を省略して、代わりにリモート制御部を有する構成であってもよい。

[0021] これにより、バウムクーヘン焼成機から離れた遠隔地から、操作者が、リモート端末でバウムクーヘンの生地の焼き加減を画像で確認しながら、焼成を制御することができる。例えば、操作指示として、生地各層の焼成において、バウムクーヘン焼成機の回転ロールを焼き位置から生地塗布位置へ移動させる指示を、リモート端末で受け付けることができる。

[0022] 前記リモート制御部は、前記リモート端末からの操作指示によって制御できる焼成時間の範囲を、前記バウムクーヘンの生地各層ごとに設定してもよい。これにより、バウムクーヘン各層の焼き加減を一定の範囲に保持しつつ、リモート制御する操作者の好みや技等に応じて、焼き加減を調整することができる。

[0023] （構成4）

上記構成3において、前記リモート制御部は、前記サーバから提供される学習済みモデルを用いて、前記カメラで撮影された前記バウムクーヘン焼成機で焼成中のバウムクーヘン生地の外周面の画像を基に前記バウムクーヘン

の生地焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を前記リモート端末に前記画像とともにリアルタイムで提供してもよい。これにより、操作者は、学習済モデルを用いて決定された焼き加減又は焼成制御の情報を、リアルタイムで確認しながら、遠隔地からバウムクーヘン焼成機を操作できる。

[0024] 上記構成3において、前記リモート制御部は、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された前記バウムクーヘン焼成機で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に前記バウムクーヘンの生地焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地焼き成を自動制御するとともに、前記リモート端末に前記画像をリアルタイムで提供してもよい。前記リモート制御部は、前記自動制御に加えて、さらに、前記リモート端末から受信した操作指示に基づき、バウムクーヘンの各層の生地焼き成を制御してもよい。この構成により、生地各層の焼き成を、学習済モデルを用いて自動制御しながら、リモート端末から操作指示を受け付けることができる。例えば、自動制御によりある程度の品質を確保しながら、リモート操作者に焼成調整の自由度を与えることができる。

[0025] リモート制御部は、前記リモート端末から職人の指定を受け付け、前記指定された職人に対応する学習済モデルを用いて、前記焼き加減又は焼成制御を判定してもよい。これにより、指定された職人の焼き加減判断又は焼成制御を示す情報を、リアルタイムでリモート端末へ提供できる。

[0026] 前記リモート制御部は、前記リモート端末に、前記カメラで撮影されたバウムクーヘンの生地の外周面の画像をリアルタイムで提供し、前記リモート端末において前記画像を基に前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定した判定結果を、前記リモート端末から受信し、受信した判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地焼き成を制御してもよい。

[0027] (構成5)

上記構成1～5のいずれかにおいて、前記制御部は、前記バウムクーヘン

焼成機に対する操作者の手動制御による焼成時の操作から推定される各層の生地焼き加減の判断結果又は焼成制御を示すデータと、前記手動制御による焼成時のバウムクーヘンの生地の外周面を前記カメラで撮影した画像とを学習のための教師データとして生成する学習部をさらに有してもよい。前記制御部は、前記学習部で生成された前記教師データ又は前記教師データを用いた学習で生成された学習済モデルを、前記通信部を介して前記サーバへ提供してもよい。

[0028] これにより、バウムクーヘン焼成システムで、操作者がバウムクーヘン焼成機を操作してバウムクーヘンを焼成した際の判断や制御の仕方を学習し、学習済モデルを生成できる。生成された学習済モデルはサーバに提供される。これにより、バウムクーヘン焼成システムで学習された操作者の技を、サーバから提供できるようになる。例えば、複数のバウムクーヘン焼成システムがサーバと通信できる環境において、1つのバウムクーヘン焼成システムで学習された職人の技を、他のバウムクーヘン焼成システムで実現することができる。

[0029] 前記制御部は、前記学習部で生成された前記学習済モデルを、前記学習済モデルの学習で用いた前記教師データの判断結果の基になる操作を行った前記操作者を職人として示す職人データと対応付けて、前記通信部を介して前記サーバへ提供してもよい。これにより、サーバは、学習済モデルと職人データを対応付けて記憶部に記録することができる。

[0030] 前記学習部は、複数のバウムクーヘンそれぞれの焼成における教師データを生成してもよい。この場合、前記制御部は、複数のバウムクーヘンの教師データのうち、前記操作者から指定されたバウムクーヘンの教師データ又は指定された教師データを用いた学習で生成された学習済モデルを前記サーバへ提供してもよい。これにより、操作者は、例えば、良い焼き加減で焼成できたバウムクーヘンの教師データ又はこれに基づく学習済モデルをサーバへ提供するデータとして指定することができる。また、前記制御部は、予め決められた数以上の複数のバウムクーヘンの教師データ又は前記複数のバウム

クーヘンの教師データを用いた学習で生成された学習済モデルを前記サーバへ提供してもよい。

[0031] 前記制御部は、前記学習部で生成された前記学習済モデルを、前記学習済モデルの学習で用いられたバウムクーヘンの生地材料の配合及び作製手順を示す生地レシピデータと対応付けて、前記通信部を介して前記サーバへ提供してもよい。これにより、サーバは、学習済モデルと生地レシピデータを対応付けて記憶部に記録することができる。また、前記制御部は、前記学習済モデルに、前記職人データ及び前記生地レシピデータを対応付けてサーバへ提供してもよい。

[0032] (構成6)

上記構成1～6のいずれかにおいて、前記制御部は、前記サーバから提供される前記学習済モデルに対応付けられた、生地材料の配合及び生地の作製手順を示す生地レシピデータを前記サーバから取得し、前記バウムクーヘン焼成機の操作者に対して出力してもよい。これにより、バウムクーヘン焼成機の操作者は、学習済モデルを用いた焼成に適合する生地の作製が可能になる。その結果、より品質の高いバウムクーヘンの提供が可能になる。なお、前記サーバがアクセス可能な前記記憶部には、各学習済モデルに生地レシピデータが対応付けられて記録されてもよい。この場合、各学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成時の生地材料の配合及び作製手順を示す生地レシピデータが、各学習済モデルに対応付けられて記録される。

[0033] 上記構成2において、前記制御部は、前記操作者から指定された職人を示す職人データに対応付けられた前記学習済モデルに対応付けられた生地レシピデータを取得してもよい。これにより、指定された職人の作るバウムクーヘンにより近い品質のバウムクーヘンを焼成することができる。

[0034] 生地レシピデータは、生地材料の配合を示すデータとして、生地材料（含有物）又は、各材料の含有量を示すデータを含んでもよい。また、生地レシピデータは、生地の作製手順を示すデータとして、材料の投入順、及び投入された各材料を混ぜる条件（ミキシング条件）を示すデータを含んで

もよい。また、生地で作製手順を示すデータとして、さらに、投入する材料の温度を示すデータ又は生地の比重等の物性を示すデータが含まれてもよい。

[0035] 上記構成1～6のいずれかにおいて、前記バウムクーヘン焼成機は、前記生地を材料を混ぜるミキサーをさらに備えてもよい。前記自動制御部は、前記サーバから提供される前記学習済モデルに対応付けられた、生地を材料の配合及び作製手順を示す生地レシピデータを前記サーバから取得し、前記生地レシピデータに基づいて、前記ミキサーを制御してもよい。これにより、生地レシピデータで示される作製手順の少なくとも一部を自動化することができる。例えば、制御部は、生地レシピデータが示す各材料のミキシング条件に従って、ミキサーによるミキシングを制御してもよい。

[0036] 上記構成1～6のいずれかにおいて、前記バウムクーヘン焼成機は、前記カメラの撮影範囲に含まれる領域に光を照射する照明をさらに備えてもよい。すなわち、バウムクーヘン焼成機は、専用の照明を備えてもよい。これにより、カメラによる焼成中の生地を撮影環境を安定させることができる。その結果、自動制御部による判定精度が向上する。照明は、例えば、バウムクーヘン焼成機において、カメラの撮影範囲に照射可能な位置に支持される。照明の光源は、これに限られないが、例えば、3000lm以上の明るさとし、焼成中のバウムクーヘンの生地から1.5m以内に配置可能に構成されてもよい。なお、サーバから提供される学習済モデルは、前記照明による光の照射条件と同じ照射条件下で撮影されたバウムクーヘンの生地の外周面の画像と、焼き加減破断又は焼成制御を教師データとする学習により得られた学習済モデルであってもよい。

[0037] (構成7)

本発明の実施形態におけるバウムクーヘン焼成支援システムは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録する記憶部にアクセス可能である。前記バウムクーヘン焼成支援システムは、バウムクー

ヘン焼成機、カメラ、及び制御部を有するバウムクーヘン焼成システムに前記学習済モデルを提供するモデル提供部と、前記バウムクーヘン焼成システムから、前記モデル提供部が提供した前記学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された画像を基に前記バウムクーヘン焼成機を自動制御してバウムクーヘンを焼成した実績を示す実績データを受信する、焼成実績受信部と、を備える。

[0038] 上記構成7によれば、バウムクーヘン焼成システムにおいて、提供された学習済モデルを用いて、カメラで撮影された画像に基づき、バウムクーヘンの各層の生地焼き加減又は焼成制御を判定し、各層の焼成の自動制御が可能になる。バウムクーヘン焼成システムでは、品質の高いバウムクーヘンを製造することができる。また、学習済モデルを用いて焼成した実績を示す実績データが、バウムクーヘン焼成支援システムに提供される。これにより、バウムクーヘン焼成支援システムでは学習済モデルの利用状況を把握できる。そのため、学習済モデルを提供する側と、利用する側の双方が適切な利益を享受しやすくなる。結果として、バウムクーヘンを提供する事業が容易になる。

[0039] (構成8)

前記記憶部には、前記学習済モデルが複数記録されてもよい。前記記憶部において、前記複数の学習済モデルの各々には、各学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成に貢献した職人を示す職人データが、対応付けて記録されてもよい。前記モデル提供部は、バウムクーヘン焼成システムにおいて操作者から入力された職人を示す職人データに対応付けられた学習済モデルを、前記バウムクーヘン焼成システムに提供することができる。これにより、バウムクーヘン焼成支援システムは、指定された職人に対応する学習済データをバウムクーヘン焼成システムに提供することができる。

[0040] (構成9)

上記構成7又は8において、前記バウムクーヘン焼成支援システムは、さらに、前記バウムクーヘン焼成システムから、学習済モデルを受信し、前記

記憶部に記録するモデル登録部を備えてもよい。前記学習済モデルは、前記バウムクーヘン焼成システムにおいて、前記バウムクーヘン焼成機に対する操作者の手動制御による焼成時の操作から推定される各層の生地焼き加減の判断結果又は焼成制御と、前記手動制御による焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面を前記カメラで撮影した画像とを教師データとして用いた学習により生成された学習済モデルである。これにより、1つのバウムクーヘン焼成システムで学習された、学習済モデルを、他のバウムクーヘン焼成システムで利用することが可能になる。

[0041] 上記構成9において、前記モデル登録部は、前記バウムクーヘン焼成システムから、前記学習済モデルに加えて、当該学習済モデルの学習で用いた前記教師データの判断結果を基になる操作を行った前記操作者を職人として示す職人データとを受信し、職人データを前記学習済モデルに対応付けて、前記記憶部に記録してもよい。

[0042] (構成10)

上記構成8のバウムクーヘン焼成支援システムは、さらに、前記焼成実績受信部が受信した実績データを用いて、前記バウムクーヘン焼成システムで用いられた前記学習済モデルの利用料金、及び、前記学習済モデルに対応する職人データが示す職人への報酬を計算する精算部を備えてもよい。これにより、学習済モデルの提供と、学習済モデルに対する職人の貢献を促進できる精算が可能になる。

[0043] 本発明の実施形態におけるプログラムは、サーバとデータ通信可能であり、バウムクーヘン焼成機を制御するコンピュータに処理を実行させるプログラムである。前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能である。前記バウムクーヘン焼成機は、オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層された前記バウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有する。前記プ

プログラムは、操作者から前記学習済モデルを用いた自動制御の指示を受け付ける処理と、前記カメラで撮影された前記オープンの前記焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地の焼成を自動制御する処理と、をコンピュータに実行させる。

[0044] 本発明の実施形態におけるプログラムは、バウムクーヘン焼成機、カメラ、及び制御部を有するバウムクーヘン焼成システムと通信可能なコンピュータに処理を実行させるプログラムである。前記プログラムは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録する記憶部にアクセスする処理と、前記バウムクーヘン焼成システムに前記学習済モデルを提供する処理と、前記バウムクーヘン焼成システムから、前記提供した学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された画像を基に前記バウムクーヘン焼成機を自動制御してバウムクーヘンを焼成した実績を示す実績データを受信する処理と、をコンピュータに実行させる。

[0045] 本発明の実施形態における製造方法は、サーバと通信可能なコンピュータがバウムクーヘン焼成機を制御してバウムクーヘンを製造する方法である。前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた複数の学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能である。前記バウムクーヘン焼成機は、オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層された前記バウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有する。前記製造方法は、前記コンピュータが、操作者から前記学習済モデルを用いた自動制御の指示を受け付ける工程と、前記コンピュータが、前記カメラで撮影された前記オープンの前記焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成

制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地焼成を自動制御する工程と、を有する。

[0046] 〔実施形態〕

以下、実施形態について図面を参照しつつ説明する。図中同一及び相当する構成については同一の符号を付し、同じ説明を繰り返さない。なお、説明を分かりやすくするために、以下で参照する図面においては、構成が簡略化又は模式化して示されたり、一部の構成部材が省略されたりしている。

[0047] （全体構成例）

図1は、本実施形態のバウムクーヘン焼成システム及びバウムクーヘン焼成支援システムを含むシステム全体の構成例を示す図である。図1に示す例では、バウムクーヘン焼成システム10、バウムクーヘン焼成支援システム20、及びリモート端末40が、互いにデータ通信可能となるように、ネットワークを介して、接続される。

[0048] バウムクーヘン焼成支援システム20は、サーバで構成される。以降では、バウムクーヘン焼成支援システム20をサーバ20と称することもある。バウムクーヘン焼成支援システム20は、記憶部30にアクセス可能である。記憶部30には、複数の学習済モデルが、焼成条件（一例として職人データ）と対応付けられて記録される。

[0049] バウムクーヘン焼成システム10は、バウムクーヘン焼成機1と制御部8を備える。制御部8は、コンピュータで構成される。制御部8は、サーバ20から提供された学習済モデルを用いて、バウムクーヘン焼成機1によるバウムクーヘン焼成を自動制御する。また、バウムクーヘン焼成システム10は、操作者の手動制御によるバウムクーヘン焼成機の動作を学習し、学習済モデルを生成する。さらに、バウムクーヘン焼成システム10は、リモート端末から操作指示を受けて、バウムクーヘン焼成機1を制御して、バウムクーヘンを焼成する。

[0050] バウムクーヘン焼成機1は、オーブン2と、生地容器4と、オーブン2の焼き位置P1と生地容器4との間を移動可能な回転ロール3と、カメラ7を

有する。カメラ7は、焼き位置P1にある回転ロール3に積層されたバウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影する。制御部8は、バウムクーヘンの生地Kが積層された回転ロール3を、生地容器4の生地を回転ロール3の生地に塗布する生地塗布位置P2からオープン2の焼き位置P1へ移動させる動作、及び焼き位置P1から生地塗布位置P2へ移動させる動作を制御する。

[0051] バウムクーヘン焼成システム10は、例えば、洋菓子店、ベーカリー、又は、製菓子工場等の施設に設けられる。複数の施設に設けられた複数のバウムクーヘン焼成システム10が、サーバ20にネットワークを介して接続されてもよい。リモート端末40は、バウムクーヘン焼成機1から離れた場所にいる職人又は消費者等のリモート操作者が扱う端末である。リモート端末40は、表示装置、入力装置（タッチパネル、キーボード、ボタン、マウス等）、及び通信機能を備えるコンピュータで構成される。

[0052] 学習済モデルは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼成制御を学習して得られた学習済モデルである。学習済モデルの学習に用いられる教師データは、例えば、職人がバウムクーヘン焼成機1と同じ焼成機を操作してバウムクーヘンを焼成する際のバウムクーヘンの生地の外周面の画像と、職人の操作に基づく焼き加減の判断又は焼成制御とが含まれてもよい。学習済モデルは、例えば、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像を入力とし、焼き加減の判断又は焼成制御を示す値を出力とする処理を実行するためのデータセットである。

[0053] なお、学習済モデルは、バウムクーヘンの生地の外周面の画像に加えて、バウムクーヘンの焼成において検出される他のデータを入力とするモデルであってもよい。すなわち、学習済モデルは、生地の外周面の画像、及び、焼成において検出されるデータに基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られるモデルであってもよい。例えば、学習済モデルは、画像に加えて、さらに、回転ロールに積層されたバウムクーヘンの生地の回転速度、バウム

クーヘンの生地の外周面の焼成時間、又は、オーブンの温度の少なくとも１つを入力とするモデルであってもよい。オーブンの温度として、例えば、炉内温度及び生地表面温度の少なくとも１つが入力されてもよい。

[0054] サーバ２０は、複数の学習済モデルを保持する。複数の学習済モデルの各々は、焼成条件（一例として職人データ）に対応付けられる。職人データは、学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成に貢献した職人を示すデータである。教師データの生成に貢献した職人は、例えば、教師データに含まれる焼き加減又は焼成制御を示す値の基になった操作を行った職人として行うことができる。なお、焼成条件は、職人データに限られない。また、学習済モデルは、焼成条件と対応付けて記録されていなくてもよい。

[0055] サーバ２０は、バウムクーヘン焼成システム１０に、学習済モデルを提供する。サーバ２０は、例えば、バウムクーヘン焼成システム１０で指定された焼成条件に対応する学習済モデルを提供する。また、サーバ２０は、提供した学習済モデルを用いて行われた焼成の実績を示す実績データを、バウムクーヘン焼成システム１０から取得する。実績データは、例えば、記憶部３０に記録される。サーバ２０は、実績データを用いて、各種料金を計算することができる。サーバ２０は、バウムクーヘン焼成システム１０が、クラウドで学習済モデルを利用可能にするシステムである。

[0056] （バウムクーヘン焼成システム１０の構成例）

図１に示す例では、バウムクーヘン焼成システム１０の制御部８は、通信部８１、自動制御部８２、ユーザインタフェース部８３（以下、ＵＩ部８３と称する）、学習部８４、リモート制御部８５を有する。通信部８１は、ネットワークを介して外部とデータ通信するための機能ブロックである。通信部８１は、例えば、制御部８のコンピュータに含まれる通信モジュールで構成される。

[0057] ＵＩ部８３は、操作者からのデータ入力及び操作者へのデータ出力のユーザインタフェースとなる部分である。ＵＩ部８３は、例えば、制御部８のコンピュータに含まれる入出力インタフェースで構成される。ＵＩ部８３は、

操作者へ出力する情報、及び操作者から入力を受け付ける情報を制御する。

UI部83は、操作者から、製造しようとするバウムクーヘンの焼成条件を受け付ける。UI部83は、焼成条件の一例として、職人の指定を受け付ける。

[0058] 自動制御部82は、サーバ20から提供される学習済モデルを用いて、カメラ7で撮影された焼成中のバウムクーヘンの生地Kの外周面の画像を基に、バウムクーヘンの各層の生地の焼成を自動制御する。自動制御部82は、UI部83が受け付けた焼成条件に対応する学習済モデルを用いて自動制御する。一例として、自動制御部82は、操作者の指定する職人の学習済モデルを用いて自動制御する。

[0059] 学習部84は、バウムクーヘン焼成機1に対する操作者の操作と、操作時のカメラ7の画像に基づいて、焼き加減判断又は焼成制御を学習することで、学習済モデルを生成する。例えば、学習部84は、バウムクーヘン焼成機1に対する操作者の手動制御による焼成時の操作から焼き加減の判断結果又は焼成制御を推定する。学習部84は、推定された判断結果又は焼成制御と、推定の基となった操作の時を含む期間においてオープン2の焼き位置における生地の外周面を撮影した画像とを教師データとして用いた学習により、学習済モデルを生成することができる。

[0060] リモート制御部85は、リモート端末40からリアルタイムでバウムクーヘン焼成機1の焼成動作を制御することを可能にする。リモート制御部85は、リモート端末40に、カメラ7で撮影された焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像をリアルタイムで送信する。すなわち、リモート制御部85は、焼成中のカメラ7の画像をリモート端末40に中継する。リモート制御部85は、画像の送信中にリモート端末40から受信した操作指示に従って、バウムクーヘンの各層の生地の焼成を制御する。

[0061] リモート制御部85は、例えば、オープン2で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像の送信中に、焼成を終了する操作の指示をリモート端末40から受け付けることができる。焼成を終了する操作の指示は、例えば、

回転ロール 3 をオープン 2 から取り出す操作の指示である。これにより、操作者は、リモート端末 40 から各層の焼成時間を制御できる。

[0062] リモート制御部 85 は、リモート端末 40 からの操作指示によって制御できる焼成時間の範囲を、前記バウムクーヘンの生地 of 層ごとに設定してもよい。例えば、焼成時間の下限と上限が設定されてもよい。この場合、下限は、1 層の生地を焼成するのに最低限必要な時間とすることができる。上限は、それ以上焼くと焼き過ぎになる時間とすることができる。

[0063] 制御可能な焼成時間の範囲は、例えば、予め決められた期間であってもよい。又は、焼成条件に応じて制御可能な焼成時間の範囲が決められてもよい。焼成条件は、例えば、オープンの温度、生地の回転速度、生地の材料の配合、生地の物性、芯棒のサイズ、又は、生地の層数の少なくとも 1 つとすることができる。或いは、学習済モデルを用いてカメラ 7 の画像を基に判定される焼き加減に応じて、制御可能な焼成時間の範囲が決められてもよい。

[0064] リモート制御部 85 は、サーバ 20 から提供される学習済モデルを用いて、カメラ 7 で撮影された焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、焼き加減又は焼成制御を判定し、決定結果をリモート端末 40 に画像とともにリアルタイムで提供してもよい。例えば、学習済モデルを用いて判定される焼き加減を示す情報、又は、焼成を終了する時期を、画像とともにリモート端末 40 へ提供することができる。

[0065] バウムクーヘン焼成機 1 は、回転ロール 3 の軸周りの回転を検出する回転センサ、オープン 2 の温度を検出する温度センサ、又は、焼成時間を計測するタイマの少なくとも 1 つを備えてもよい。

[0066] 温度センサは、例えば、オープン 2 内の空気の温度を測る温度計であってもよいし、バウムクーヘンの外周面の温度を測る放射温度計であってもよいし、オープン 2 のヒーターの温度、電流、電圧等の出力値から温度を検出するものであってもよい。一例として、温度センサは、オープン 2 内の空気の温度とバウムクーヘンの生地の外周面の温度の両方を取得するものであってもよい。

- [0067] 回転センサは、例えば、回転ロール3の軸とともに回転する被検出素子の動きを、光、磁気、又は機械的に検出する検出器を備えるものであってもよい。又は、回転センサは、回転ロール3の回転を制御するモータの出力値から、回転ロール3の回転を検出するよう構成されてもよい。
- [0068] タイマは、例えば、制御部8の一部であってもよい。タイマは、例えば、回転ロール3が焼き位置に配置されてからの経過時間を計測することで、焼成時間を計測することができる。
- [0069] バウムクーヘン焼成機1のカメラ7は、回転ロール3に積層された生地Kの外周面の軸方向における一部を撮影範囲とするよう設置されてもよい。これにより、簡単な構成で、回転するバウムクーヘンの生地の外周面の焼き加減を判断するのに適した画像を得ることができる。
- [0070] カメラ7は、例えば、焼き位置における回転ロール3に積層された生地Kの径方向の全体が写る画像を撮影するよう設置されてもよい。制御部8は、カメラ7で撮影された画像から切り出された、生地Kの径方向の一部の画像を取得してもよい。この場合、制御部8は、生地Kの径方向の一部の画像を用いて、自動制御処理又は学習処理を実行する。生地Kの径方向の一部の画像を用いることで、生地Kの径方向全体の画像うち、焼き加減が色としてよく表れた部分の画像を自動制御処理又は学習処理に用いることができる。
- [0071] カメラ7は、1台でもよいし、複数台設けられてもよい。カメラ7の光軸は、回転ロール3の軸方向に対して交差するよう配置されてもよい。カメラ7は、例えば、オープン2の外側において、オープン2の窓を通してオープン2内の生地Kの外周面を撮影するよう配置されてもよい。また、カメラ7の光軸とオープン2の焼き位置P1における回転ロール3との相対位置が固定されるようカメラ7及び回転ロール3が構成されてもよい。これにより、カメラ7による焼き位置における生地Kの撮影条件を固定することができる。また、カメラ7の光軸と、オープン2の焼き位置における回転ロール3に加え、オープン2のヒーターの相対位置が固定されてもよい。また、照明72は、カメラ7の撮影範囲に光を照射可能な位置に配置可能に支持される。例え

ば、照明 7 2 は、オープン 2 の外側において、オープン 2 の窓を通してオープン 2 内の生地の外周面に光を照射するよう配置されてもよい。

[0072] 制御部 8 は、プロセッサ及びメモリを有する。制御部 8 は、2 以上のコンピュータで構成されてもよい。制御部 8 によるバウムクーヘン焼成機の制御処理は、プロセッサが、所定のプログラムを実行することで実現できる。制御部 8 に処理を実行させるプログラム及びプログラムを記録した非一時的(non-transitory)な記録媒体も、本発明の実施形態に含まれる。なお、制御部 8 は、バウムクーヘン焼成機 1 に内蔵されてもよいし、バウムクーヘン焼成機 1 のオープン 2、回転ロール 3、及び移動機構を含む焼成機の部分と、ネットワークを介して通信可能に接続されていてもよい。

[0073] なお、制御部 8 の構成は、図 1 の例に限られない。例えば、自動制御部 8 2、学習部 8 4 及びリモート制御部 8 5 のうち、1 つ又は 2 つを省略してもよい。例えば、制御部 8 は、通信部 8 1、UI 部 8 3、及びリモート制御部 8 5 を備える構成であってもよい。

[0074] (制御部の構成例)

図 2 は、バウムクーヘン焼成システム 10 の制御部 8 の構成例を示す図である。図 2 に示す例では、バウムクーヘン焼成機 1 は、回転センサ、温度センサ、及びタイマを備える。温度センサは、オープン 2 の温度を測る。

[0075] 制御部 8 は、カメラ 7 で撮影された画像を取得する際に、回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地 K の回転速度、オープン 2 の温度、又は、バウムクーヘンの生地 K の外周面の焼成時間の少なくとも 1 つをさらに取得してもよい。すなわち、制御部 8 は、回転センサで検出された回転速度、温度センサで検出された温度、又は、タイマで計測された焼成時間の少なくとも 1 つを取得するよう構成されてもよい。

[0076] 回転速度は、例えば、回転ロール 3 の回転速度であってもよいし、生地の外周面の周方向の移動速度であってもよい。オープン 2 の温度は、例えば、生地の外周面の表面温度、オープン 2 内の空気の温度、又は、オープン 2 の熱源の温度、等であってもよい。生地の外周面の焼成時間は、1 層の生地

焼成時間である。例えば、生地塗布位置からオーブンの焼き位置に回転ロールが移動した時点からの経過時間を、焼成時間とすることができる。

[0077] また、制御部 8 は、移動機構、回転ロール 3、及びオーブン 2 に対して指令を送る制御指令部 86 を有する。移動機構は、回転ロール 3 を、オーブン 2 の焼き位置 P1 と生地容器 4 との間で移動させる機構である。移動機構は、例えば、回転ロールの軸を回転可能に支持する支持部材と、支持部材に支持された回転ロールの軸を移動させるアクチュエータを備えてもよい。支持部材は、例えば、可動アーム、又はレール等のガイドであってもよい。アクチュエータは、例えば、モータ、油圧シリンダその他の動力源とすることができる。制御指令部 86 は、アクチュエータに指令を送る。アクチュエータの駆動を制御することで、回転ロール 3 の、オーブン 2 の焼き位置 P1 と生地塗布位置 P2 との間の移動を制御することができる。

[0078] 可動アームは、一方端がピボット軸で、バウムクーヘン焼成機に対して回転可能に支持され、他方端が、回転ロールの回転軸を回転可能に支持するよう構成されてもよい。この場合アクチュエータは、可動アームを、ピボット軸を中心に回転させるモータを含んでもよい。例えば、回転ロールの軸方向の両端部を回転可能に支持する一対の可動アームが設けられてもよい。

[0079] なお、移動機構による回転ロールをオーブンの焼き位置から生地塗布位置へ移動させる動作は、回転ロール及び生地容器の少なくとも一方を動かして両者を相対的に近づける動作であってもよい。例えば、回転ロールを動かして生地容器へ近づけてもよいし、生地容器を動かして回転ロールに近づけてもよい。

[0080] 制御指令部 86 は、回転ロール 3 の回転を制御する。例えば、回転ロール 3 の軸周りの回転、及び、回転ロール 3 の軸に垂直な方向への移動が制御される。制御指令部 86 は、オーブン 2 のヒーターを制御してもよい。すなわち、制御部 8 は、オーブン 2 の温度を制御することもできる。

[0081] UI 部は、バウムクーヘン焼成機 1 が備える入出力装置を介して、操作者からのデータの入力を受け付け、操作者へ情報を出力する。入出力装置は、

例えば、タッチパネル、ボタン、レバー、キーボード、又はマウス等を含んでもよい。

[0082] 図2の例では、制御部8は、バウムクーヘン焼成機1が備える操作受付部に接続されている。操作受付部は、バウムクーヘン焼成機1に対する操作を操作者から受け付ける。操作受付部は、例えば、操作パネル、及び、操作ボタン等の操作子等で構成される。操作受付部は、操作者から、例えば、回転ロール3の動作、及びオープン2の温度に対する操作を受け付けることができる。操作受付部が、回転ロール3の動作として、操作者から、回転ロール3を生地塗布位置に移動させる操作、回転ロール3を生地塗布位置からオープン2の焼き位置に移動させる操作（焼成開始操作）、回転ロール3を焼き位置から生地塗布位置に移動させる操作（焼成終了操作）、及び、回転ロール3の回転速度を制御する操作、等を受け付ける。操作者の手動制御による焼成時には、操作受付部への操作に従って、回転ロール3が制御される。

[0083] <自動制御部の構成例>

図2に示す例では、自動制御部82は、画像取得部821及び判定部822を含む。画像取得部821は、カメラ7から、オープン2の焼き位置P1において回転ロール3の回転に伴い回転する生地Kの外周面を少なくとも1周分を撮影した複数の画像群を取得する。画像取得部821は、例えば、所定周期で撮影された生地の外周面の一部の画像群を、カメラ7から取得する。取得される画像群のそれぞれは、生地の径方向全体が写る画像から生地径方向の一部を切り取った画像であってもよい。

[0084] 判定部822は、オープン2の焼き位置P1における生地Kの外周面の少なくとも1周分の複数の画像群により示される生地Kの外周面の焼き色に基づいて、回転ロール3をオープン2の焼き位置から生地塗布位置P2へ移動させる時期を決定する。これにより、1層分の焼成時間が制御される。

[0085] 判定部822は、サーバ20から提供される学習済みモデルを用いて、上記時期を決定する。判定部822は、例えば、学習済みモデルを用いて、生地の外周面の画像を入力とし、焼き加減の評価値を出力とする処理を実行する。

判定部 822 は、例えば、複数の画像群の焼き加減を順次判定し、画像から判定される焼き加減が所定条件を満たした時に、回転ロールを焼き位置から生地塗布位置へ移動させる時期と判断することができる。

[0086] 自動制御部 82 は、UI 部 83 が受け付けた焼成条件に応じて、学習済モデルを決定する。自動制御部 82 は、サーバ 20 が提供可能な複数の学習済モデルのうち、操作者が入力した焼成条件に対応する学習済モデルを自動制御に用いるモデルに決定する。自動制御部 82 は、予めサーバ 20 から複数の学習済モデルを予めダウンロードしてもよいし、焼成条件に応じて決定した学習済モデルをサーバ 20 からダウンロードしてもよい。

[0087] 例えば、焼成条件として職人データが学習済モデルに対応付けられている場合、UI 部 83 は、選択可能な職人を操作者に対して提示し、職人の選択入力を受け付けることができる。この場合、予め、職人ごとに学習処理が実行されて職人ごとに学習済モデルが生成され、記憶部 30 に記録される。これにより、職人の個性を反映した焼き加減判断又は焼成制御の再現を可能にする学習済モデルが準備される。

[0088] 自動制御部 82 は、カメラ 7 で撮影された画像に加えて、生地 K の回転速度、オーブン 2 の温度、又は焼成時間の少なくとも 1 つに基づいて、焼き加減又は焼成制御を判定してもよい。このように、回転速度、温度又は焼成時間の少なくとも 1 つを用いることで、回転速度、温度又は焼成時間の少なくとも 1 つの焼き加減への影響を考慮した判定が可能になる。その結果、焼き加減がより適切になるように、回転ロールを焼き位置から生地塗布位置へ移動させる時期を制御することができる。この場合、学習済モデルは、生地の外周面の画像に加えて、回転速度、温度又は焼成時間の少なくとも 1 つに基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルとすることができる。

[0089] 自動制御部 82 は、回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地 K の外周面の周方向の移動速度、又は回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地 K の外周の直径の少なくとも 1 つを取得してもよい。自動制御部 82

は、カメラ7で撮影された画像に加え、取得した移動速度又は直径の少なくとも1つに基づいて、焼き加減又は焼成制御の判定を行ってもよい。この場合、学習済モデルは、生地の外周面の画像に加えて、移動速度又は直径の少なくとも1つに基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルとすることができる。

[0090] 回転ロール3の生地の層が増えると、生地の直径も大きくなる。生地Kの直径が大きくなると、回転ロール3の軸の回転速度が同じでも、生地の外周面の周方向の移動速度は速くなる。生地の外周面の周方向の移動速度、又は生地の外周の直径を、学習済モデルの入力データに含め、判定に用いることで、生地の積層による焼成条件の違いを考慮した判定が可能になる。結果として、各層の焼き加減がより適切になるよう自動制御することができる。

[0091] 制御部8は、生地の外周面の周方向の移動速度を、回転ロール3に積層された生地の外周の直径及び回転ロールの回転速度に基づいて算出してもよい。生地の外周の直径は、例えば、回転ロール3に積層された生地の径方向の全体が写る画像において、径方向の生地の寸法を計測することで得ることができる。

[0092] なお、自動制御部82の構成は、図2に示す例に限られない。図2では、通信部81を介して学習済モデルをサーバ20から取得して、自動制御処理に用いている。これに対して、例えば、自動制御部82は、サーバ20にカメラ7の画像を送信し、サーバ20で画像を基に学習済モデルを用いて判定された結果を、サーバ20から受信するよう構成されてもよい。

[0093] <学習部の構成例>

図2に示す例では、学習部84は、判断推定部841を有する。判断推定部841は、バウムクーヘン焼成機1に対する操作者の手動制御による焼成の操作に基づいて、操作者によるバウムクーヘンの生地の焼き加減の判断又は焼成制御を推定する。学習部84は、推定された操作者の焼き加減判断又は焼成制御と、手動制御による焼成の操作がされた際の生地の外周面の画像とを教師データとして生成する。教師データとする画像は、例えば、手動制

御による操作時を含む期間においてオープン 2 の焼き位置 P 1 における生地 K の外周面の少なくとも 1 周分を撮影した複数の画像群とすることができる。

[0094] 判断推定部 8 4 1 は、例えば、操作者によるバウムクーヘンの生地 K が積層された回転ロール 3 を焼き位置 P 1 から生地塗布位置 P 2 へ移動させる操作の有無により、操作者の焼き加減の判断を推定してもよい。操作者による、バウムクーヘンの生地 K が積層された回転ロール 3 を焼き位置 P 1 から生地塗布位置 P 2 へ移動させる操作は、操作者が生地焼き加減が適切と判断した時に行われる。そのため、操作者による移動の操作は、焼き加減の判断結果を示すものとなり得る。

[0095] 判断推定部 8 4 1 は、例えば、生地が積層された回転ロール 3 がオープン 2 の焼き位置 P 1 で回転している時に、操作者が、回転ロール 3 を焼き位置から生地塗布位置 P 2 に移動させる操作をしない場合、操作者は、焼き加減が十分でない、すなわち、未焼き上がりであると判断したと推定することができる。この場合、回転ロール 3 の回転時にカメラ 7 で撮影された生地の外周面の画像が、未焼き上がりの判断の結果と対応付けて教師データとして記録される。

[0096] また、判断推定部 8 4 1 は、例えば、生地が積層された回転ロール 3 がオープン 2 の焼き位置 P 1 で回転している時に、操作者が、回転ロール 3 を焼き位置から生地塗布位置 P 2 に移動させる操作をした場合、操作者は、焼き加減が良好であると判断したと推定することができる。この場合、操作時を含む期間において、回転ロール 3 が少なくとも 1 周回転する間にカメラ 7 で撮影された生地の外周面の画像が、良好な焼き上がりの判断の結果と対応付けて教師データとして記録される。

[0097] 学習部 8 4 は、操作者による操作の判断時を含む期間における、回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地 K の回転速度、オープンの温度、又は、バウムクーヘンの生地の外周面の焼成時間の少なくとも 1 つをさらに用いて、学習済モデルを生成してもよい。学習部 8 4 は、操作者による焼き加

減の判断時を含む期間における、回転ロール3に積層されたバウムクーヘンの生地Kの外周面の周方向の移動速度、又は、バウムクーヘンの生地Kの外周の直径の少なくとも1つをさらに用いて、学習済モデルを生成してもよい。

[0098] 学習部84は、生成した学習済モデルを、通信部81を介してサーバ20へ提供する。学習部84は、生成した学習済モデルと、職人データを対応付けて、サーバ20に提供してもよい。職人データは、学習済モデルの生成において教師データの基となる操作をした操作者を職人として示すデータである。なお、学習部84は、職人データの他の焼成条件を、学習済モデルに対応付けてサーバ20に提供してもよい。例えば、学習済モデルの教師データの生成の基となったバウムクーヘン焼成時の焼成条件が、学習済モデルに対応付けてサーバ20に提供されてもよい。

[0099] ここで、教師データを用いた学習により学習済モデルを生成する処理は、学習部84の外で実行されてもよい。学習部84が、教師データを生成し、サーバ20に提供してもよい。なお、学習部84は、教師データを用いて学習モデルのパラメータを決定して学習済モデルを生成してもよい。

[0100] 学習部84は、複数のバウムクーヘンについて教師データを生成することができる。すなわち、学習部84は、複数回のバウムクーヘンの焼成について、教師データを生成することができる。なお、1本のバウムクーヘン（すなわち1回のバウムクーヘンの焼成）について教師データには、複数層の画像及び操作のデータが含まれてもよい。UI部83は、複数のバウムクーヘンの教師データのうち、学習に用いる教師データの指定を、操作者から受け付けてもよい。この場合、操作者が指定したバウムクーヘンの教師データがサーバ20へ提供される。又は、操作者が指定した教師データを用いて生成された学習済モデルがサーバ20へ提供される。なお、UI部83が受け付ける教師データの指定は、学習に用いるものから除外したいバウムクーヘンの教師データの指定であってもよい。

[0101] <リモート制御部の構成例>

リモート制御部 85 は、カメラ 7 で撮影された画像を、リモート端末 40 に、通信部 81 を介して、リアルタイムで送信する。リモート制御部 85 は、カメラ 7 で撮影された画像に加えて、回転センサで検出された生地 K の回転速度、タイマで検出された焼成時間、又はオープン 2 の温度の少なくとも 1 つを、リアルタイムで、リモート端末 40 に提供してもよい。

[0102] また、リモート制御部 85 がリモート端末 40 から受け付ける制御指示には、焼成時間の制御指示に加えて、回転ロール 3 の回転、又は、オープン 2 の温度の制御指示が含まれてもよい。

[0103] リモート制御部 85 は、例えば、オープン 2 で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像の送信中に、回転ロール 3 の回転速度を変更する操作の指示をリモート端末 40 から受け付けることができる。この場合、リモート制御部 85 は、リモート端末 40 からの操作指示によって制御できる回転ロール 3 の回転速度の範囲を設定してもよい。

[0104] 制御可能な回転速度の範囲は、例えば、予め決められた期間であってもよい。又は、焼成条件に応じて制御可能な回転速度の範囲が決められてもよい。或いは、学習済モデルを用いてカメラ 7 の画像を基に判定される焼き加減に応じて、制御可能な回転速度の範囲が決められてもよい。

[0105] リモート制御部 85 は、サーバ 20 から提供される学習済モデルを用いて、カメラ 7 で撮影された焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、好ましい回転速度を決定し、リアルタイムでリモート端末 40 へ提供してもよい。

[0106] リモート制御部 85 は、例えば、オープン 2 で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像の送信中に、オープン 2 の温度を変更する操作の指示をリモート端末 40 から受け付けることができる。この場合、リモート制御部 85 は、リモート端末 40 からの操作指示によって制御できるオープン 2 の温度の範囲を設定してもよい。

[0107] リモートで制御可能なオープン 2 の温度の範囲は、例えば、予め決められた期間であってもよい。又は、焼成条件に応じて制御可能な温度の範囲が決

められてもよい。或いは、学習済モデルを用いてカメラ7の画像を基に判定される焼き加減に応じて、制御可能な温度の範囲が決められてもよい。

[0108] リモート制御部85は、サーバ20から提供される学習済モデルを用いて、カメラ7で撮影された焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、好ましいオープン2の温度を決定し、リアルタイムでリモート端末40へ提供してもよい。

[0109] リモート制御部85は、UI部83又は操作受付部から入力される操作者の切り替え操作に応じて、リモート端末40からのバウムクーヘン焼成機1に対する制御の許可／不許可を切り替えてもよい。これにより、操作者が、バウムクーヘン焼成機1の焼成の準備作業をしている間等に、操作者の意図しないリモート制御を避けることができる。

[0110] また、リモート制御部85は、リモート端末40からバウムクーヘン焼成機1の制御が可能な状態であることを示す情報を、入出力装置の表示装置、又は、バウムクーヘン焼成機が備える他の報知装置（スピーカ、ランプ等）によって、操作者に出力してもよい。

[0111] リモート制御部85は、サーバ20から提供される学習済モデルを用いてバウムクーヘンの各層の生地焼成を自動制御するとともに、生地の外表面の画像をリアルタイムでリモート端末40へ送信してもよい。この場合も、リモート制御部85は、リモート端末40から制御指示を受け付ける。このように、リモート制御部85は、学習済モデルを用いた自動制御及びリモート端末40からの制御指示の両方によって生地各層の焼成を制御してもよい。この形態においても、リモート端末40からの制御指示によって制御可能な焼成時間その他の焼成条件の範囲が設定されてもよい。制御可能範囲は、予め決められていてもよいし、検出される画像その他の焼成条件に基づいて設定されてもよい。また、学習済モデルを用いた判定結果を基に制御可能範囲が決められてもよい。

[0112] リモート制御部85は、リモート端末40から職人の指定を受け付け、指定された職人に対応する学習済モデルを用いた判定結果による自動制御又は

リモート端末40への判定結果のリアルタイム提供を行ってもよい。

[0113] また、変形例として、リモート端末40が、サーバ20から提供される学習済モデルを用いて画像に基づく焼き加減又は焼成制御の判定を実行してもよい。この場合、リモート制御部85は、カメラ7の画像をリアルタイムでリモート端末40へ提供する。リモート端末40は、リアルタイムで提供される画像に基づき、サーバ20が提供する学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定する。リモート制御部85は、リモート端末40において学習済モデルを用いて判定された判定結果を受信して、その判定結果を用いてバウムクーヘンの生地各層の焼成を自動制御する。

[0114] (サーバ(バウムクーヘン焼成支援システム)の構成例)

図1に示す例では、サーバ20は、モデル提供部11、焼成実績受信部12、モデル登録部13、及び精算部14を有する。モデル提供部11は、バウムクーヘン焼成システム10に学習済モデルを提供する。提供の形態としては、例えば、バウムクーヘン焼成システム10からの要求に応じて学習済モデルを提供する形態の他、複数の学習済モデルを一括してバウムクーヘン焼成システム10に予め提供しておく形態が挙げられる。また、学習済モデルとして、教師データが提供されてもよい。この場合、バウムクーヘン焼成システム10の制御部8で、教師データを基に学習済モデルが生成される。

[0115] 焼成実績受信部12は、バウムクーヘン焼成システム10から、実績データを受信する。実績データは、バウムクーヘン焼成システム10に提供した学習済モデルの利用実績を示すデータである。すなわち、実績データは、モデル提供部11が提供した学習済モデルを用いて、バウムクーヘン焼成機1を自動制御してバウムクーヘンを焼成した実績を示す。実績データには、例えば、用いられた学習済モデルを特定する情報、及び、学習済モデルを用いて製造したバウムクーヘンに関する情報が含まれる。製造したバウムクーヘンに関する情報には、例えば、製造したバウムクーヘンの量、バウムクーヘンの種類、製造時、又は、焼成条件の少なくとも1つが含まれてもよい。

[0116] 精算部14は、実績データを用いて、学習済モデルの利用に関連する料金

を計算する。一例として、学習済モデルを利用してバウムクーヘンを製造した運用主体に課金する利用料金、及び、利用された学習済モデルの生成に貢献した職人への報酬額が計算される。学習済モデルの利用料金は、例えば、学習済モデルを利用して製造したバウムクーヘンの量又は種類に応じた料金としてもよい。また、学習済モデルが職人データと対応付けられている場合、職人に対して予め設定された基本料に基づいて、利用料金が計算されてもよい。職人への報酬額は、学習済モデルを利用して製造したバウムクーヘンの量又は種類に応じた額であってもよい。また、職人に対して予め設定された基本額に基づいて、報酬額が計算されてもよい。

[0117] モデル登録部13は、バウムクーヘン焼成システム10で生成された学習済モデルを受信し、記憶部30へ記録する。モデル登録部13は、バウムクーヘン焼成システム10で生成された教師データを学習済モデルとして受信してもよい。この場合、モデル登録部13は、教師データを学習済モデルとして記憶部30に記録してもよいし、教師データを基に生成した学習済モデルを記憶部30に記録してもよい。

[0118] モデル登録部13は、バウムクーヘン焼成システム10から、学習済モデルと、これに対応する職人データを受信することができる。この場合、モデル登録部13は、受信した学習済モデルと職人データを、互いに対応付けて記憶部30に記録する。これにより、職人ごとに学習済モデルが準備される。

[0119] サーバ20は、1又は2以上のコンピュータにより構成される。モデル提供部11、焼成実績受信部12、モデル登録部13、及び精算部14の各機能は、コンピュータのプロセッサが、所定のプログラムを実行することで実現できる。サーバ20に処理を実行させるプログラム及びプログラムを記録した非一時的(non-transitory)な記録媒体も、本発明の実施形態に含まれる。なお、サーバ20は、ネットワークを介して互いに接続された複数のコンピュータで構成されてもよい。記憶部30は、サーバ20を構成するコンピュータがアクセス可能な記憶装置で構成される。

[0120] (学習済モデルを用いた自動制御例)

図3は、バウムクーヘン焼成システム10において、サーバから提供される学習済モデルを用いた自動制御によりバウムクーヘンを焼成する処理の一例を示すフローチャートである。

[0121] 図3に示す例では、焼成のための準備段階の作業として、操作者が、バウムクーヘンの生地を生地容器4に入れる(Op1)。生地は、予め決められた組成(材料)の生地とすることができる。ここで、生地容器4に入れる生地の組成(材料の配合)は、サーバ20から提供される学習済モデルの生成のために行われたバウムクーヘンの焼成で採用された生地の組成(材料の配合)と同じにしてもよい。これにより、学習済モデルを用いた自動制御で焼成されるバウムクーヘンの品質をより高めることができる。操作者は、オープン2のヒーターのスイッチをオンにして加熱を開始する(Op2)。

[0122] UI部83は、操作者から焼成条件の入力を受け付ける(S101)。UI部83は、焼成条件として、例えば、生地の種類、回転ロール3(芯棒)のサイズ、及び焼成する生地の層数、及び、職人の指定の入力を受け付ける。UI部83は、記憶部30において、複数の学習済モデルと対応付けて記録される職人データを示す職人を、操作者に提示して選択を受け付ける。操作者は、学習済モデルを有する複数の職人の中から、希望する職人を選択することができる。

[0123] 自動制御部82は、S101で操作者が入力した焼成条件に対応する学習済モデルを決定する(S102)。自動制御部82は、例えば、記憶部30において、操作者が指定した職人を示す職人データに対応付けられた学習済モデルを取得することができる。

[0124] 自動制御部82は、S102で決定した学習済モデルを用いて、バウムクーヘン焼成機1を自動制御して、バウムクーヘンを焼成する(S103)。S103の処理の詳細例は後述する。

[0125] 自動制御部82は、バウムクーヘンの焼成が完了すると、学習済モデルを用いたバウムクーヘンの焼成の実績を示す実績データを、サーバ20へ送信

する。実績データには、例えば、バウムクーヘン焼成システム 10 を識別する識別子、焼成の日時、回数、生地の種類、芯棒のサイズ、生地の層数、及び、学習済モデルを特定するデータ、等が含まれる。

[0126] 焼成が終了すると、操作者は、焼成されたバウムクーヘンを回転ロール 3 ごとオープン 2 から取り出す (Op 3)。これにより、学習済モデルを用いた自動制御による焼成で、品質の高いバウムクーヘンが製造される。

[0127] (リモート制御例)

図 4 は、バウムクーヘン焼成システム 10 が、リモート制御によりバウムクーヘンを焼成する場合の処理例を示すフローチャートである。図 4 に示す例では、焼成のための準備段階の作業として、バウムクーヘン焼成機 1 の設置場所にいる操作者 (以下、現場操作者と称する。) が、バウムクーヘンの生地を生地容器 4 に入れる (Op 1)。また、現場操作者は、オープン 2 のヒーターのスイッチをオンにして加熱を開始する (Op 2)。

[0128] リモート制御部 85 は、リモート端末 40 との接続を確立し、制御部 8 をリモート端末 40 とデータ通信が可能な状態にする (S 201)。リモート制御部 85 は、リモート端末 40 からの焼成条件の入力を受け付ける (S 202)。遠隔地にいるリモート操作者が、リモート端末 40 を介して焼成条件を入力する。なお、焼成条件の入力は、UI 部 83 が、現場操作者から受け付けてもよい。例えば、リモート制御部 85 が、リモート端末 40 から、職人の指定を受け付け、UI 部 83 が、現場操作者から、生地、層数、芯棒のサイズに関する焼成条件の入力を受け付けることができる。

[0129] リモート制御部 85 は、S 202 で入力された焼成条件に基づいて、リモート制御に用いる学習済モデルを決定する (S 203)。例えば、S 202 で、リモート端末 40 を介してリモート操作者から指定された職人に対応する学習済モデルが、リモート制御に用いる学習済モデルに決定される。リモート制御部 85 は、決定した学習済モデルをサーバ 20 から取得し、制御部 8 において利用可能な状態とする。

[0130] リモート制御部 85 は、カメラ 7 の画像のリアルタイム送信を開始する (

S 2 0 4)。リモート制御部 8 5 は、リモート端末 4 0 からの制御指示に従う焼成制御処理を実行する (S 2 0 5)。図 5 は、S 2 0 5 の制御処理の例を示すフローチャートである。図 6 は、S 2 0 5 の処理において、リモート端末 4 0 に表示させる画面の例を示す図である。

[0131] 図 5 の例では、リモート制御部 8 5 は、層のカウンタ n を初期化 ($n = 1$) する (S 3 0 1)。リモート制御部 8 5 は、 n 層目の生地を回転ロール 3 に塗布する。リモート制御部 8 5 は、制御指令部 8 6 に対して、塗布動作を指示する。制御指令部 8 6 は、回転ロール 3 を、生地塗布位置 P 2 に移動させ、回転ロール 3 を回転させる。

[0132] n 層目の生地の塗布の後、リモート制御部 8 5 は、 n 層目の生地の焼成を開始する (S 3 0 3)。リモート制御部 8 5 は、制御指令部 8 6 に対して、焼成開始動作を指示する。制御指令部 8 6 は、回転ロール 3 を、生地塗布位置 P 2 から焼き位置 P 1 に移動させ、回転ロール 3 を回転させる。

[0133] リモート制御部 8 5 は、学習済モデルを用いた n 層目の焼き加減判定を開始する (S 3 0 4)。リモート制御部 8 5 は、学習済モデルを用いて、カメラ 7 で撮影される焼成中の生地の外周面の画像を基に焼き加減の判定値を計算する。焼き位置で回転ロール 3 が 1 周する間に、複数の画像がカメラ 7 で撮影される。リモート制御部 8 5 は、複数の画像に対して判定値を計算する。例えば、複数の画像それぞれについて判定値が計算されてもよい。

[0134] 図 6 に示す例では、リモート端末 4 0 に表示させる画面 R G は、現在のカメラ 7 の画像 R 1、現在の焼き加減レベル R 2、学習済モデルを用いた焼き加減の判定結果 R 3 (学習済モデルの生成に貢献した職人名も含む)、現在の生地の層 R 4、作業の状態 (焼成中か生地塗布中か) R 5、及び、焼成終了を指示するためのボタン B N 1 が表示される。リモート制御部 8 5 は、これらの現在の情報をリアルタイムでリモート端末 4 0 に提供し、表示させる。なお、リモート端末 4 0 の画面 R G の表示項目はこれらに限られない。例えば、回転ロール (芯棒) の回転速度、温度 (例えば、炉内温度及び生地表面温度の少なくとも 1 つ)、又は、現在の層の焼成時間 (焼成開始からの経

過時間)、等が画面 R G に表示されてもよい。

- [0135] 現在の焼き加減レベルは、例えば、焼成開始からの経過時間、すなわち、タイマで計測される焼成時間を基に決定することができる。或いは、学習済モデルを用いた現在の画像に基づく焼き加減の判定結果によって、現在の焼き加減レベルが決定されてもよい。なお、学習済モデルを用いた焼き加減の判定は、画像に加えて、さらに、回転速度、温度、又は、焼成時間の少なくとも 1 つに基づいてもよい。
- [0136] 図 6 に示す例では、制御可能範囲の上限レベル、及び下限レベルが矢印で示される。制御可能範囲の上限レベル及び下限レベルは、例えば、予め決められた経過時間の上限及び下限に応じて決められてもよい。又は、現在の画像を基に上限レベル及び下限レベルの少なくとも 1 つが決定されてもよい。この決定は、画像に加えて、回転速度、温度、又は焼成時間に基づいてもよい。この決定には、学習済モデルを用いた判定結果が用いられてもよい。一例として、画像及び温度に基づく焼き加減の判定結果から、生地が焦げるまでの予測時間を計算し、予測時間に基づき上限レベルを決定することができる。
- [0137] 図 6 に示す例では、焼き加減の推奨レベルが矢印で示される。推奨レベルは、学習済モデルを用いた画像に基づく判定結果を用いて決定されてもよい。例えば、画像を入力とし、残りの焼成時間を出力とする学習済モデルを用いて、現在の画像に対する残りの焼成時間が計算されてもよい。残りの焼成時間を基に焼き加減の推奨レベルを決定することができる。
- [0138] 図 5 の S 3 0 5 において、現在の焼成時間、すなわち焼成開始からの経過時間が、予め設定された制御可能範囲の下限 T 1 に達しているか否かが判断される。焼成時間が下限 T 1 に達した後は、S 3 0 6 ~ S 3 0 8 の処理が実行される。リモート端末 4 0 から焼成終了の指示の入力があれば (S 3 0 6)、リモート制御部 8 5 は、焼成終了の制御を行う (S 3 1 0)。S 3 1 0 で、リモート制御部 8 5 は、制御指令部 8 6 に、焼成終了動作を指示する。制御指令部 8 6 は、回転ロール 3 を、焼き位置 P 1 から生地塗布位置 P 2 に

移動させる。

- [0139] S 3 0 7 で、焼成終了の指示がなければ、学習済モデルを用いた画像に基づく焼き加減の判定値の更新がある場合（S 3 0 7 で Y E S）に、リモート端末 4 0 の判定結果の表示を更新する。表示される判定結果は、例えば、焼成続行又は焼成終了等、焼き加減に基づく好ましい制御を示す情報であってもよいし、焼き加減のレベルを示す情報であってもよい。判定値の計算例は後述する。
- [0140] 焼成終了の指示がないまま（S 3 0 6 で N O のまま）に、焼成時間が、制御可能範囲の上限 T 2 を超える（S 3 0 9 で Y E S）場合は、リモート制御部 8 5 は、焼成終了の制御を行う（S 3 1 0）。これにより、1 層における焼成時間が、制御可能範囲の上限 T 2 を超えるのが避けられる。
- [0141] S 3 1 0 が実行され 1 層の焼成が終了すると、現在の層数 n が、目標層数 $N 1$ に達しているか判断され（S 3 1 1）、 $n < N 1$ であれば、 n に 1 を足して、S 3 0 2 ～ S 3 1 1 の処理が繰り返される。これにより、S 3 0 2 ～ S 3 1 0 の処理は、目標層数 $N 1$ だけ繰り返される。すなわち、目標層数 $N 1$ の焼成の制御が実行される。目標層数 $N 1$ の焼成処理が完了すると、現場操作者は、バウムクーヘンの回転ロール 3 を、オープン 2 から取り出す（図 5 の O p 3）。
- [0142] 上記のリモート制御により、リモート操作者は、現在の生地焼き色を確認しながら、焼成時間を制御できる。焼成時間の制御可能範囲として、下限 T 1 と上限 T 2 が設定されているため、例えば、リモート操作者が未熟であっても、各層が、著しく焼き不足又は焼き過ぎになることを避けられる。また、学習済モデルを用いた画像判定結果がリアルタイムでリモート端末に表示されるので、リモート操作者は、焼成終了の適切なタイミングをある程度把握することができる。
- [0143] なお、リモート制御動作は上記例に限られない。学習済モデルを用いた画像判定結果の表示や、制御可能範囲の設定は省略してもよい。また、リモート制御は、焼成時間の制御に限られない。焼成時間の制御に代えて、又は加

えて、回転ロール3の回転速度、又は、オープン2の温度の少なくとも1つをリモート端末40から制御できるようにしてもよい。

[0144] (サーバの動作例)

図7は、サーバ20の動作例を示す図である。図7に示す例では、サーバ20は、バウムクーヘン焼成システム10から、焼成条件を受信する(S401)。焼成条件には、例えば、バウムクーヘン焼成システム10で操作者から指定された職人が含まれる。焼成条件には、職人の他、例えば、バウムクーヘンの生地に関する条件、又は、バウムクーヘンのサイズに関する条件が含まれてもよい。生地に関する条件としては、例えば、生地の組成(材料の配合)、又は物性の条件が挙げられる。生地の組成(材料の配合)の条件としては、生地に含まれる卵、小麦粉及びバターの種類又は割合や、生地に含まれるトッピングの条件等が挙げられる。生地の物性の条件としては、生地温度、生地比重、及び、生地粘度等が挙げられる。

[0145] サーバ20は、S401で受信した焼成条件に基づいて決定される学習済モデルを、バウムクーヘン焼成システム10に提供する(S402)。例えば、図1に示す例では、サーバ20がアクセス可能な記憶部30には、複数の学習済モデルが記録される。複数の学習済モデルの各々は、職人データに対応付けて記録される。この場合、サーバ20は、S401で受信した職人に対応する学習済モデルを記憶部30から取得し、バウムクーヘン焼成システム10へ提供する。

[0146] サーバ20は、S402で提供した学習済モデルの利用実績を示す実績データを、その学習済モデルを提供したバウムクーヘン焼成システム10から受信する。実績データには、例えば、学習済モデルを特定する情報と、学習済モデルを用いて焼成(製造)したバウムクーヘンを示す情報が含まれる。

[0147] サーバ20は、S403で受信した実績データを用いて、提供した学習済モデルの利用により発生する料金又は報酬の金額を算出する(S404)。例えば、提供した学習済モデルの利用料金と、学習済モデルの生成に貢献した職人への報酬額が計算される。サーバ20は、S404で計算した学習済

モデルの利用料金及び職人への報酬額を、決済システムに提供してもよい。決済システムにおいて、学習済モデルの利用料金の課金処理及び職人への報酬支払い処理が実行される。

[0148] 本実施形態では、サーバ20で学習済モデルが保持される。学習済モデルは、職人がバウムクーヘンの生地焼き色を見て焼き加減を判断又は焼成制御をする部分について、機械学習によりデータ化したものである。この学習済モデルを、カメラと制御部を持つバウムクーヘン焼成システムに提供することで、自動制御により職人の技が効率よく再現できる。すなわち、バウムクーヘンの職人の技が、学習済モデルの形で、サーバ20で保持され、バウムクーヘン焼成システムが利用可能となる。

[0149] サーバ20において、学習済モデルが保持され、その利用が管理される。これにより、学習済モデルの適切な保護及び利用を図ることができる。バウムクーヘンの職人の技が、学習済モデルの形で利用されるようになれば、多くの施設で、職人がいなくても品質の高いバウムクーヘンの焼成が可能になる。一方で、職人の技が広く再現可能になれば、長年の経験で培った技の価値が下がってしまう可能性がある。そこで、本実施形態では、一例として、サーバ20は、職人データと学習済モデルを対応付けて保持する。この場合、サーバ20は、指定された職人の学習済モデルを提供するため、その利用状況を把握し管理することができる。また、利用に応じた職人への適切な報酬額を決定できる。

[0150] (バウムクーヘン焼成機の構成例)

図8は、本実施形態におけるバウムクーヘン焼成機の正面図である。図9は、図8に示すバウムクーヘン焼成機の側面図である。図8及び図9に示すバウムクーヘン焼成機1は、オープン2と、バウムクーヘンの生地を積層して回転する回転ロール3と、バウムクーヘンの焼成前の生地を収納する生地容器4と、回転ロール3をオープンの焼き位置と、生地塗布位置との間で移動させる移動機構(5、6)と、バウムクーヘン焼成機の動作を制御する制御部8とを備える。

- [0151] バウムクーヘン焼成機 1 は、さらに、カメラ 7、及び照明 7 2、各種センサ（図 8 では図示略）を備える。各種センサは、例えば、オーブンの温度を測る温度センサ、回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地回転速度を検出する回転センサ、バウムクーヘンの生地の焼成時間を計測するタイマの少なくとも 1 つを含むことができる。
- [0152] カメラ 7 は、焼き位置にある回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地 K の外周面の一部を撮影可能な位置に配置される。カメラ 7 の光軸は、バウムクーヘンの生地 K の外周面と交差する。カメラ 7 は、支持部材 7 1 に支持される。支持部材 7 1 により、カメラ 7 の光軸と、焼き位置にある回転ロール 3 の相対位置が固定される。照明 7 2 は、カメラ 7 の撮影範囲に含まれる領域に光を照射する。照明 7 2 は、支持部材に支持される。
- [0153] カメラ 7 は、バウムクーヘンの生地 K が積層された回転ロール 3 が少なくとも一周する期間に、複数の外周面の画像を撮影する。カメラ 7 が、例えば、回転するバウムクーヘンの生地 K の動画を撮影する。これにより、バウムクーヘンの生地の外周面を少なくとも 1 周分を撮影した複数の画像群が得られる。
- [0154] オーブン 2 は加熱炉であり、内部にはヒーター 2 2 が設けられる。オーブン 2 は、開閉可能な窓 2 1 を有する。窓 2 1 の前には、生地容器 4 が配置される。生地容器 4 は、台 4 1 の上に載せられる。
- [0155] 図 8 及び図 9 に示す例では、オーブン 2 の内部の焼き位置に、回転ロール 3 に積層されたバウムクーヘンの生地が配置されている。回転ロール 3 の両端は、一対のアーム 5 に回転可能に支持される。回転ロール 3 は、例えば、モータ（図示略）によって回転する。制御部 8 はこのモータを制御することで、回転ロール 3 の回転を制御することができる。
- [0156] 一対のアーム 5 は、バウムクーヘン焼成機 1 に対して、ピボット軸 P A を中心に回転可能に取り付けられる。アーム 5 には、アクチュエータ 6 が接続される。アクチュエータ 6 が駆動することで、アーム 5 が回転する。アクチュエータ 6 は、例えば、モータである。アクチュエータ 6 の駆動は、制御部

8によって制御される。制御部8は、アクチュエータ6の駆動を制御することで、アーム5の回転を制御する。アーム5の回転を制御することで、回転ロール3の位置が制御される。本例では、アーム5とアクチュエータ6により、回転ロール3の移動機構が構成される。

[0157] 制御部8は、回転ロール3の位置を制御することにより、バウムクーヘンの生地Kが積層された回転ロール3を、生地塗布位置と、オーブン2の焼き位置との間で移動させる。生地塗布位置は、生地容器4の生地を回転ロール3の生地に塗布する位置である。図10は、回転ロール3が、生地塗布位置にある状態を示す図である。生地塗布位置は、生地容器4の上方の位置である。生地塗布位置で回転ロール3が回転することにより、回転ロール3に積層されたバウムクーヘンの生地Kの外周面にさらに生地が塗布される。制御部8による回転ロール3の位置の検出構成は、特に限られない。例えば、回転ロール3又はアーム5の位置を検出する位置検出センサがバウムクーヘン焼成機1に設けられてもよい。或いは、制御部8が、アクチュエータ6の動作に基づき回転ロール3の位置を検出するよう構成されてもよい。

[0158] 制御部8は、回転ロール3を生地塗布位置で少なくとも1周回転させることで、回転ロール3に1層分のバウムクーヘンの生地Kを塗布する。制御部8は、バウムクーヘンの生地Kが塗布された回転ロール3を生地塗布位置からオーブン2の焼き位置へ移動させる。これにより、塗布した1層分の生地の焼成が開始される。

[0159] 制御部8は、カメラ7から、オーブン2の焼き位置において回転ロール3の回転に伴い回転するバウムクーヘンの生地の外周面を少なくとも1周分を撮影した複数の画像群を取得する。制御部8は、カメラ7で撮影された複数の画像群が示すバウムクーヘンの生地の外周面の焼き色に基づいて、焼き加減を判断する。制御部8は、焼き加減の判断結果に基づいて、回転ロール3をオーブン2の焼き位置から生地塗布位置へ移動させる時期を決定する。これにより、良い焼き加減と判断された場合に、回転ロール3をオーブン2の焼き位置から生地塗布位置へ移動させることができる。回転ロール3がオー

ブン 2 の焼き位置から生地塗布位置へ移動させることで、焼成が終了する。
すなわち、制御部 8 により、1 層分のバウムクーヘンの生地の焼き加減が判断され、適切な焼き加減になるよう 1 層分の生地の焼成時間が制御される。

[0160] 制御部 8 は、回転ロール 3 の位置を制御して、バウムクーヘンの生地を塗布してオープン 2 で焼成する動作を、複数回繰り返す。これにより、バウムクーヘンの複数の層の生地が焼成される。各層の焼成では、カメラ 7 の画像に基づき適切な焼き加減になるよう焼成時間が制御される。

[0161] (制御処理例)

図 1 1 は、制御部 8 によるバウムクーヘン焼成機 1 の自動制御処理の一例を示すフローチャートである。図 1 1 に示す例では、制御部 8 は、1 層分の生地を回転ロール 3 に塗布して焼成する動作をバウムクーヘン焼成機 1 にさせる場合の例である。制御部 8 は、回転ロール 3 を生地塗布位置で回転させ、1 層分の生地を回転ロール 3 に積層された生地の外周面に塗布する (S 1)。塗布後、制御部 8 は、回転ロール 3 を生地塗布位置からオープン 2 の焼き位置へ移動させる (S 2)。これにより、焼成が開始される。焼成工程では、オープン 2 の焼き位置において、バウムクーヘンの生地が積層された回転ロール 3 が回転する。

[0162] 制御部 8 は、回転ロール 3 の回転に伴い回転する生地の外周面を撮影した画像をカメラ 7 から取得する (S 3)。図 1 2 は、カメラ 7 の撮影で得られる画像の一例を示す図である。図 1 2 に示す例では、カメラ 7 により、回転ロール 3 に積層された生地 K の軸方向の一部であって、径方向全体が写る範囲の画像が撮影される。制御部 8 は、この画像から、生地 K の径方向の中央部 A 1 の画像を切り出して取得する。すなわち、画像に写る生地 K の径方向の端 K e を含まない生地の領域の画像が切り出される。これにより、生地の外周面に焼き加減がよく現れている部分の画像を取得できる。例えば、画像に写る生地 K の径方向の端 K e 付近の生地の色は、ヒーター 2 2 の光等による影響を受けやすい。生地 K の径方向の中央部 A 1 の画像を切り出すことで、ヒーター 2 2 の光等の影響の少ない部分の画像を取得することができる。

- [0163] 制御部8は、画像の取得と同期して、センサデータを取得する（S4）。センサデータは、例えば、温度センサ（放射温度計）で検出されたバウムクーヘンの外周面の表面温度を含む。また、センサデータとして、タイマで計測された焼成時間が取得される。焼成時間は、焼成開始からの経過時間である。
- [0164] 制御部8は、サーバ20から提供された学習済モデルを用いて、S3で取得した画像及びS4で取得したセンサデータに基づく、焼き加減の判定値を決定する（S5）。すなわち、制御部8は、画像の示す生地外周面の焼き色、及び、生地の表面温度、及び焼成時間に基づいて、焼き加減を判定する。学習済モデルは、ニューラルネットワークを用いたディープラーニングにより生成されたデータとすることができる。すなわち、制御部8は、ニューラルネットワークを用いた人工知能技術を使って、画像及びセンサデータから、焼き加減を判定することができる。
- [0165] 図13は、判定処理に用いるニューラルネットワークの構成例を示す図である。図13に示す例では、カラーカメラ画像からバウムクーヘン表面の部分が切り出される。切り出された画像は、畳み込みニューラルネットワークL1に入力される。畳み込みニューラルネットワークL1、32個のパラメータ（特徴量）を出力する。また、焼成時間とバウムクーヘンの表面温度の値は、一例としてユニット数5の全結合層L2に入力される。この全結合層L2は、5個のパラメータを出力する。32個のパラメータと5個のパラメータは、連結され、さらに、全結合層L3に入力される。この全結合層L3からの出力は、次の全結合層L4に入力され、この全結合層L4から判定値（例えば、0～1）が出力される。
- [0166] 図13に示す例では、カメラの画像が、畳み込みニューラルネットワークに入力され、センサデータが、全結合層に入力される。畳み込みニューラルネットワークを経た画像特徴量と、全結合層を経たセンサデータのパラメータは、連結されてさらに全結合層に入力される。この全結合層とさら他の全結合層を経て、焼き加減の判定値が出力される。このように、機械学習のモ

デルは、入力された画像を特徴量に変換する畳み込みニューラルネットワークと、センサデータを入力する第1入力層と、画像の特徴量とセンサデータの入力層の出力とを結合したパラメータを入力する第2入力層と、第2入力層の出力をさらに変換する層とを有する構成とすることができる。このように、画像とセンサデータを結合するニューラルネットワークの構成を用いることで、画像及びセンサデータに基づく焼き加減の判定ができる。なお、判定処理で用いられるニューラルネットワークの構成は、図13に示す例に限られない。例えば、全結合層の層数、パラメータの数は、必要に応じて適宜設定することができる。また、全結合層L1に入力されるセンサデータも、図13の例に限られない。例えば、回転ロール3の回転速度、オーブンの温度、又は焼成時間の少なくとも1つの値が、全結合層L1に入力されてもよい。

[0167] 制御部8は、S5で決定した焼き加減の判定値が所定の条件を満たす場合（S6でYES）、回転ロール3をオープン2の焼き位置から生地塗布位置へ移動させ、焼成終了する。制御部8は、例えば、判定値が予め決められたしきい値以上である場合に、焼き上がりと判断し、オープンからバウムクーヘンを取り出す動作を移動機構にさせる。

[0168] 制御部8は、S5で決定した焼き加減の判定値が所定の条件を満たさない場合（S6でNO）、S3に戻って、画像を取得し、S4～S6の処理を繰り返す。図11に示す例では、複数の画像群のそれぞれに対して、焼き加減の判定処理が実行される。これにより、回転ロール3が少なくとも1周する間に撮影された複数の画像群に対して、焼き加減の判定、及び、判定に基づく焼成終了の判断処理が実行される。

[0169] 図14は、焼成開始から、焼成終了までに、制御部8が取得する画像群の例を示す図である。例えば、焼成開始後、所定周期（例えば、0.5秒ごと）に1枚の画像がカメラ7で撮影される。制御部8は、カメラ7で撮影された画像を順次取得する。図14に示す例では、n枚の画像G1～Gnが取得される。画像G1～G(n-1)では、焼き加減の判定値が条件を満たさず

、 n 枚目の画像 G_n で、焼き加減の判定値が条件を満たす。 n 枚目の画像 G_n を取得した時点で、焼成が終了される。

[0170] なお、上記例では、画像 1 枚ごとに、焼き加減判定及び焼成終了判断を実行しているが、複数の画像について、焼き加減及び焼成終了を判断してもよい。

[0171] また、上記例では、センサデータとして、焼成時間と温度が取得される。制御部 8 は、センサデータとして、回転ロールに積層されたバウムクーヘンの生地回転速度を取得してもよい。制御部 8 は、図 11 の S4 において、回転センサで検出された回転ロール 3 の回転速度を取得することができる。制御部 8 は、画像と回転速度に基づいて焼き加減を判定してもよい。また、制御部 8 は、カメラ 7 の画像と回転速度から、バウムクーヘンの生地の外周面の周方向の移動速度を取得することができる。

[0172] 例えば、図 12 に示す画像から、回転ロール 3 に積層された生地の外周の直径 D_1 を計測することができる。画像から得られる直径 D_1 と、回転センサから得られる回転ロール 3 の回転速度を用いて、生地の外周面の周方向の移動速度を計算することができる。制御部 8 が、生地の外周面の周方向の移動速度と、画像とを用いて、焼き加減を判定してもよい。これにより、生地の積層量による焼成条件の変化を加味した判定が可能になる。また、制御部 8 は、直径 D_1 と画像とを用いて、焼き加減判定をしてもよい。この場合も、生地の積層量による焼成条件の変化を加味した判定が可能になる。

[0173] (学習処理例)

図 15 は、バウムクーヘン焼成機 1 の焼成動作に基づいて、学習処理のための教師データを収集する処理の一例を示すフローチャートである。図 15 に示す例では、バウムクーヘン焼成機 1 が、操作者の操作に従って、1 層分の生地を回転ロール 3 に塗布して焼成する場合の例である。バウムクーヘン焼成機 1 は、操作者の操作に従って、回転ロール 3 を生地塗布位置で回転させ、1 層分の生地を回転ロール 3 に積層された生地の外周面に塗布する (S11)。塗布後、操作者の操作により、回転ロール 3 が生地塗布位置からオ

ーブン 2 の焼き位置へ移動する（S 1 2）。これにより、焼成が開始される。焼成工程では、オーブン 2 の焼き位置において、バウムクーヘンの生地が積層された回転ロール 3 が回転する。

[0174] 制御部 8 は、回転ロール 3 の回転に伴い回転する生地の外周面を撮影した画像をカメラ 7 から取得する（S 1 3）。画像の取得処理は、例えば、図 1 の S 3 と同様に実行することができる。制御部 8 は、画像の取得と同期して、センサデータを取得する（S 1 4）。センサデータは、図 1 の S 5 で取得されるデータと同じセンサのデータが取得される。

[0175] バウムクーヘン焼成機 1 は、バウムクーヘンの焼成中、焼成終了の操作を受け付ける（S 1 5）。具体的には、生地が積層された回転ロール 3 がオーブン 2 の焼き位置で回転している期間は、操作者は、いつでも、回転ロール 3 を焼き位置から生地塗布位置へ移動させる操作をバウムクーヘン焼成機 1 に対して行うことができる。操作者が、回転ロール 3 を焼き位置から生地塗布位置へ移動させる操作を行うと、焼成は終了する。

[0176] 焼成中に、一定期間、操作者からの焼成終了の操作がない場合（S 1 6 で NO）、制御部 8 は、操作者が未焼き上がりと判断したと推定する。この場合、制御部 8 は、未焼き上がりの判定結果と、S 1 3 で取得した画像、及び S 1 4 で取得したセンサデータを対応付けて、教師データとして記録装置に記録する。その後、制御部 8 は、再度、S 1 3 の画像取得処理を実行し、S 1 4 ～S 1 6 の処理を繰り返す。例えば、回転ロール 3 が少なくとも 1 周する期間に撮影された複数の画像群のそれぞれに対して、S 1 3 ～S 1 6 の処理が実行される。

[0177] 焼成中に、操作者からの焼成終了の操作がある場合（S 1 6 で YES）、制御部 8 は、操作者が良好な焼き加減と判断したと推定する。この場合、制御部 8 は、良好な焼き加減の判定結果と、S 1 3 で取得した画像、及び S 1 4 で取得したセンサデータを対応付けて、教師データとして記録装置に記録する。焼成終了の操作は、回転ロール 3 を焼き位置から生地塗布位置へ移動させる操作である。回転ロール 3 が焼き位置から移動すると焼成は終了する

(S18)。

[0178] 図15に示す処理により、回転ロール3に積層されて回転する生地の外周面の少なくとも1周分の複数の画像群が、焼き加減の判定結果と対応付けられて記録される。制御部8の学習部84は、複数の画像群と対応付けられた焼き加減の判定結果を教師データとして、機械学習を実行して、学習済モデルを生成する。機械学習は、これに限られないが、例えば、図13に示す構成のニューラルネットワークを用いたディープラーニングにより実行することができる。

[0179] 例えば、ニューラルネットワークのモデルを用いる場合の学習処理例について説明する。学習部84は、学習前のモデルに対して教師データの画像及びセンサデータを入力して得られる学習前モデルの出力（判定結果）と、教師データの判定結果とを照合して、より一致度が高くなるように、層間の重み付けを調整する。例えば、図13に示す構成のモデルの場合、畳み込みニューラルネットワークLS1に、教師データとして記録された画像が入力され、全結合層L1に、その画像に対応づけて記録されたセンサデータ（例えば、焼成時間と表面温度）が入力される。この入力に対するモデルの出力結果（判定値）が、入力した画像に対応付けられた教師データの判定結果と照合される。モデルの出力と教師データの一致度が高くなるよう、ニューラルネットワークの各層間の重み付けパラメータが調整される。多数の画像の教師データを用いて、モデルの重み付けパラメータを調整する学習処理が実行される。学習処理により重みが調整されたモデルが学習済モデルとなる。

[0180] なお、制御部8の学習処理は、ニューラルネットワークを用いた機械学習に限られない。例えば、回帰分析又は決定木等を用いたその他の機械学習が用いられてもよい。

[0181] 制御部8は、例えば、熟練の技を持つ職人がバウムクーヘン焼成機1を操作してバウムクーヘンを焼成する際に、操作から推定される判断結果と、判断の際の画像とセンサデータとを対応付けて教師データとして記録することができる。このような職人の操作による焼成について記録された教師データ

を用いて機械学習することで、この職人と同じ焼成時間の制御を可能にする学習済モデルを生成することができる。

[0182] なお、図 1 5 に示す処理は、1 層分の焼成における教師データの生成処理の例である。図 1 5 の処理は、1 本のバウムクーヘンが焼き上がるまで、予め決められた層の数だけ繰り返し実行される。これにより、1 本のバウムクーヘンの教師データが生成される。例えば、1 人の操作者（職人）が、複数のバウムクーヘンを焼成する動作について、図 1 5 の処理の繰り返しにより、教師データを生成することができる。1 人の操作者による複数のバウムクーヘンの教師データが生成される。制御部は、1 人の操作者による複数のバウムクーヘンの教師データのうち、学習に用いる教師データの指定を受け付けてもよい。

[0183] 図 1 6 は、バウムクーヘン焼成システム及びバウムクーヘン焼成支援システムの変形例を示す図である。図 1 6 に示す例では、サーバ 2 0 がアクセス可能な記憶部 3 0 に、複数の学習済モデルが、生地レシピデータ及び焼成条件（一例として職人データ）と対応付けられて記録される。生地レシピデータは、バウムクーヘンの生地の材料の配合及び作製手順を示すデータである。学習済モデルの教師データを生成した時の焼成で用いられた生地の材料の配合及び作製手順を示す生地レシピデータが、その学習済モデルに対応付けられる。これにより、生地の材料、生地の作製方法、及びその生地を用いたバウムクーヘンの焼成制御を示すデータが記憶部 3 0 に記録される。

[0184] なお、職人データが対応付けられていない学習済モデル及び生地レシピデータが記憶部 3 0 に記憶されてもよい。例えば、特定の職人に特化せず標準的な焼き方を学習した学習済モデル、及び基本的な生地の材料の配合及び作製方法を示す生地レシピデータが対応付けられて記憶部 3 0 に記録されてもよい。このような学習済モデル及び生地レシピデータは、例えば、プレーンのデータとして記録されてもよい。バウムクーヘン焼成システム 1 0 が備えられた店舗において、オリジナルの生地レシピを考案する場合、又は、基本的なレシピで十分な場合は、操作者は、この職人データが対応付けられてい

ない学習済モデル及び生地レシピデータ（例えば、プレーンのデータ）を指定することができる。

[0185] バウムクーヘン焼成システム 10 は、ミキサー 31 をさらに備える。バウムクーヘン焼成システム 10 において、制御部 8 は、サーバ 20 から、学習済モデルと、それに対応付けられた生地レシピデータを取得する。制御部 8 は、学習済モデルを用いた焼成の準備段階、すなわち焼成前において、生地レシピデータを、操作者に対して出力する。生地レシピデータの出力は、例えば、ディスプレイへの動画又は静止画の表示、プリンタでの印刷、音声による出力、又は、操作者の端末への送信、若しくは、これらのうち少なくとも 2 つの組み合わせであってもよい。操作者は、出力される情報に従って生地を作製することができる。

[0186] 制御部 8 は、例えば、操作者から指定された職人の職人データに対応する学習済モデル及び生地レシピデータをサーバ 20 から取得してもよい。バウムクーヘン焼成システム 10 は、取得した生地レシピデータで示される材料の配合及び作製手順で作製した生地を、取得した学習済モデルを用いた制御により焼成する。これにより、職人が提供するバウムクーヘンと略同じ品質のバウムクーヘンを完成させることができる。

[0187] 図 17 は、生地レシピデータで示される情報の一例を示す図である。図 17 の生地レシピデータには、生地の材料の配合が含まれる。生地の材料の配合のデータには、材料及び各材料の配合量が含まれる。生地の材料の配合量は、図 17 のように割合（％）で表されてもよいし、重量（g）その他の単位で配合量が表されてもよい。なお、配合量は省略されてもよい。また、各材料をミキサーに投入するタイミング及びミキシング条件が、生地レシピデータで示される。ミキシング条件は、ミキシング時間とミキシング速度（ミキサーの回転速度）が含まれる。図 17 の例では、さらに、ミキサーに投入する材料の温度が、生地レシピデータに含まれる。なお、生地レシピデータの内容は、図 17 に示す例に限られない。例えば、図 17 に示す情報の一部は省略されてもよい。また、ミキシング終了時の生地の比重又は温度の少な

くとも1つがさらに生地レシピデータに含まれてもよい。

[0188] 制御部8は、生地レシピデータに基づいてミキサー31を制御してもよい。例えば、制御部8は、生地レシピデータで示される各材料の投入順及び投入タイミングを操作者に通知し、操作者からの各材料をミキサー31に投入したことの入力を受け付けてもよい。制御部8は、各材料の投入タイミングと、生地レシピデータが示すミキシング時間及びミキシング速度に基づいて、ミキサー31の動作タイミング及び速度を制御することができる。

[0189] 或いは、バウムクーヘン焼成システム10は、生地を材料を保持し、ミキサー31に材料をミキサー31に投入するフィーダ（図示せず）をさらに備えてもよい。制御部8は、生地レシピデータが示す材料をミキサー31に投入するタイミングに従って、フィーダによる材料投入動作を制御してもよい。これにより、生地レシピデータを用いて材料をミキサー31に投入するタイミングすなわち材料を混ぜ始めるタイミングを自動制御することができる。

[0190] また、各フィーダに材料の温度を調整する温度調整器（例えば、ヒータ）が設けられてもよい。この場合、制御部8は、生地レシピデータが示す材料の温度に基づき各材料のフィーダの温度調整器を制御してもよい。これにより、生地レシピデータを用いて材料の温度を自動的に調整することができる。

[0191] （その他の変形例）

上記例では、カメラ7の画像を用いた焼き加減の判定に基づく制御の対象は、焼成時間（回転ロールの焼き位置からの移動時期）であるが、制御部8の制御対象はこれに限られない。例えば、カメラ7で撮影された、オープン時の焼き位置におけるバウムクーヘンの生地の外周面の少なくとも1周分の複数の画像群に基づいて、回転ロール3の回転速度、又は、オープンの温度の少なくとも1つを制御することができる。この場合、制御部8は、機械学習により生成された学習済モデルを用いて、複数の画像群に基づく、回転速度又はオープンの温度の少なくとも1つの制御を決定することができる。学習

済モデルは、例えば、生地の外周面の画像を入力とし、回転速度又はオープン温度の少なくとも1つの制御情報を出力とする処理を実行するためのデータセットであってもよい。制御部8は、操作者のバウムクーヘン焼成機による焼成中に検出される回転速度又はオープン温度の少なくとも1つと、カメラ7の画像とを教師データとして、上記の学習済モデルを生成することができる。

[0192] 例えば、制御部8は、カメラ7で撮影された画像が示す生地の直径の時間変化、又は、軸方向における直径の変化（外周面の凹凸形状）に応じて、回転ロール3の回転速度を調整してもよい。或いは、制御部8は、画像に基づき判定される焼き加減に応じて、オープン2のヒーター22の火力を調整してもよい。

[0193] 制御部8は、複数の画像群に加えて、画像群の取得の際に取得した回転速度、焼成時間、又は、オープンの温度の少なくとも1つに基づいて、回転速度又はオープンの温度の少なくとも1つの制御を決定してもよい。この決定処理には、学習済モデルとして、回転速度、焼成時間、又は、オープンの温度の少なくとも1つと、生地の外周面の画像とを入力として、制御情報を出力とするためのデータセットが用いられてもよい。また、制御部8は、操作者のバウムクーヘン焼成機に基づき、このような学習済モデルを生成してもよい。制御部8は、例えば、操作者による回転速度、及びオープンの温度の少なくとも1つの操作を検出し、操作の検出時を含む期間に撮影された生地の外周面の画像群と、検出した操作とを教師データとして、学習済モデルを生成することができる。検出する操作の例として、例えば、回転ロール3の回転速度を調整する操作、又は、オープン2の温度を調整する操作等が挙げられる。

[0194] また、制御部8が、判定処理に用いるセンサデータは、上記例に挙げた、回転速度、オープンの温度、及び、焼成時間に限られない。これらのうちの1つ又は2つが、判定処理に用いられてもよい。また、これら以外のセンサデータが判定処理に用いられてもよい。例えば、カメラ7の画像に加えて回

転ロール 3 の回転速度を用いて判定処理を実行することで、回転速度による焼成条件の変化を考慮した判定が可能になる。また、カメラ 7 の画像に加えてオーブンの温度を用いて判定処理を実行することで、オーブンの温度による焼成条件の変化を考慮した判定が可能になる。また、カメラ 7 の画像に加えて焼成時間を用いて判定処理を実行することで、焼成時間の変化を考慮した判定が可能になる。

[0195] また、バウムクーヘンの生地に関する生地情報が判定処理に用いられてもよい。生地情報は、例えば、塗布前の生地容器の生地の物性、又は生地の材料の配合（例えば、小麦、卵及びバターの組成又は割合の他、プレーン、チョコ、抹茶、コーヒー、いちご等、生地にはトッピングされる含有物も含む）の少なくとも 1 つを含んでもよい。生地の物性は、例えば、生地温度、生地比重、又は、生地粘度である。例えば、制御部 8 は、カメラ 7 から生地の外周面の複数の画像を取得する際に、生地に関する生地情報をさらに取得してもよい。この場合、制御部 8 は、判定処理において、複数の画像群が示す生地の外周面の焼き色に加え、取得した生地情報に基づいて、回転ロール 3 をオーブンの焼き位置から生地塗布位置へ移動させる時期を決定する。

[0196] この決定処理には、学習済モデルが用いられてもよい。学習済モデルは、例えば、生地の外周面の画像及び生地情報を入力とし、画像が示す焼き色による焼き加減の判断結果を出力するためのデータとすることができる。制御部 8 は、バウムクーヘン焼成機に対する操作者の操作に基づいて推定された操作者の焼き加減判断の結果と、生地情報と、判断時を含む期間においてオーブンの焼き位置における生地の外周面の少なくとも 1 周分を撮影した複数の画像群とを教師データとして用いた機械学習により、学習済モデルを生成することができる。

[0197] バウムクーヘン焼成機 1 は、生地情報を取得する入力部又はセンサを備えてもよい。制御部 8 は、入力部又はセンサから生地情報を取得することができる。例えば、生地容器 4 の生地の重量を測る重量センサ、生地容器 4 の生地の温度を測る生地温度センサ、生地容器 4 の生地の体積を測る体積センサ

の少なくとも１つがバウムクーヘン焼成機１に設けられてもよい。或いは、
ＵＩ部８３が、生地情報の入力を操作者から受け付けてもよい。

[0198] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られない。

符号の説明

[0199] １：バウムクーヘン焼成機、２：オープン、３：回転ロール、４：生地容器、５：アーム、６：アクチュエータ、７：カメラ、制御部８、１０：バウムクーヘン焼成システム、２０：サーバ（バウムクーヘン焼成支援システム）、３０：記憶部

請求の範囲

[請求項1]

サーバとデータ通信する通信部と、

オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層されたバウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有するバウムクーヘン焼成機と、

前記バウムクーヘン焼成機を制御する制御部と、を備え、

前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能であり、

前記制御部は、前記カメラで撮影された前記オープンの焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地の焼成を自動制御する自動制御部を有する、バウムクーヘン焼成システム。

[請求項2]

請求項1に記載のバウムクーヘン焼成システムであって、

前記サーバがアクセス可能な前記記憶部には、前記学習済モデルが複数記録され、前記複数の学習済モデルの各々には、各学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成に貢献した職人を示す職人データが、対応付けて記録され、

前記制御部は、さらに、操作者から職人の指定を受け付けるユーザインタフェース部を有し、

前記自動制御部は、前記サーバから提供される学習済モデルであって、前記操作者から指定された職人を示す職人データに対応付けられた前記学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された前記画像を基に前記焼き加減又は焼成制御を判定する、バウムクーヘン焼成システム。

- [請求項3] 請求項1又は2に記載のバウムクーヘン焼成システムであって、
前記制御部は、前記通信部を介してデータ通信可能なりモート端末に、前記カメラで撮影された前記焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像をリアルタイムで提供し、前記リモート端末から受信した操作指示に従って、前記バウムクーヘンの各層の生地の焼成を制御するリモート制御部をさらに有する、バウムクーヘン焼成システム。
- [請求項4] 請求項3に記載のバウムクーヘン焼成システムであって、
前記リモート制御部は、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された前記焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に前記バウムクーヘンの生地の焼き加減又は焼成制御を判定し、判定した情報を前記リモート端末に前記画像とともにリアルタイムで提供する、バウムクーヘン焼成システム。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載のバウムクーヘン焼成システムであって、
前記制御部は、前記バウムクーヘン焼成機に対する操作者の手動制御による焼成時の操作から推定される各層の生地の焼き加減の判断結果又は焼成制御を示すデータと、前記手動制御による焼成時のバウムクーヘンの生地の外周面を前記カメラで撮影した画像とを学習のための教師データとして生成する学習部をさらに有し、
前記制御部は、前記学習部で生成された前記教師データ又は前記教師データを用いた学習で生成された学習済モデルを、前記通信部を介して前記サーバへ提供する、バウムクーヘン焼成システム。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載のバウムクーヘン焼成システムであって、

前記制御部は、前記サーバから提供される前記学習済モデルに対応付けられた、生地/materialの配合及び生地の作製手順を示す生地レシピデータを前記サーバから取得し、前記バウムクーヘン焼成機の操作者に対して出力する、バウムクーヘン焼成システム。

[請求項7]

バウムクーヘン焼成支援システムであって、

回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録する記憶部にアクセス可能であり、

バウムクーヘン焼成機、カメラ、及び制御部を有するバウムクーヘン焼成システムに前記学習済モデルを提供するモデル提供部と、

前記バウムクーヘン焼成システムから、前記モデル提供部が提供した前記学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された画像を基に前記バウムクーヘン焼成機を自動制御してバウムクーヘンを焼成した実績を示す実績データを受信する、焼成実績受信部と、を備える、バウムクーヘン焼成支援システム。

[請求項8]

請求項7に記載のバウムクーヘン焼成支援システムであって、

前記記憶部には、前記学習済モデルが複数記録され、前記複数の学習済モデルの各々には、各学習済モデルの学習に用いられた教師データの生成に貢献した職人を示す職人データが、対応付けて記録され、

前記モデル提供部は、バウムクーヘン焼成システムにおいて操作者から入力された職人を示す職人データに対応付けられた学習済モデルを、前記バウムクーヘン焼成システムに提供する、バウムクーヘン焼成支援システム。

[請求項9]

請求項7又は8に記載のバウムクーヘン焼成支援システムであって、さらに、

前記バウムクーヘン焼成システムから、前記バウムクーヘン焼成機に対する操作者の手動制御による焼成時の操作から推定される各層の生地焼き加減の判断結果又は焼成制御と、前記手動制御による焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面を前記カメラで撮影した画像とを教師データとして用いた学習により生成された学習済モデルを受信し、前記記憶部に記録するモデル登録部を備える、バウムクーヘン焼成支援システム。

[請求項10] 請求項8に記載のバウムクーヘン焼成支援システムであって、さらに、

前記焼成実績受信部が受信した実績データを用いて、前記バウムクーヘン焼成システムで用いられた前記学習済モデルの利用料金、及び、前記学習済モデルに対応する職人データが示す職人への報酬を計算する精算部を備える、バウムクーヘン焼成支援システム。

[請求項11] サーバとデータ通信可能であり、バウムクーヘン焼成機を制御するコンピュータに処理を実行させるプログラムであって、

前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能であり、

前記バウムクーヘン焼成機は、オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層された前記バウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有し、

操作者から前記学習済モデルを用いた自動制御の指示を受け付ける処理と、

前記カメラで撮影された前記オープンの前記焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供され

る学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地焼成を自動制御する処理と、をコンピュータに実行させるプログラム。

[請求項12] バウムクーヘン焼成機、カメラ、及び制御部を有するバウムクーヘン焼成システムと通信可能なコンピュータに処理を実行させるプログラムであって、

回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた学習済モデルを記録する記憶部にアクセスする処理と、

前記バウムクーヘン焼成システムに前記学習済モデルを提供する処理と、

前記バウムクーヘン焼成システムから、前記提供した学習済モデルを用いて、前記カメラで撮影された画像を基に前記バウムクーヘン焼成機を自動制御してバウムクーヘンを焼成した実績を示す実績データを受信する処理と、をコンピュータに実行させるプログラム。

[請求項13] サーバと通信可能なコンピュータがバウムクーヘン焼成機を制御してバウムクーヘンを製造する方法であって、

前記サーバは、回転ロールに積層され焼成されるバウムクーヘンの生地の外周面の画像に基づく焼き加減判断又は焼成制御を学習して得られた複数の学習済モデルを記録した記憶部にアクセス可能であり、

前記バウムクーヘン焼成機は、オープンと、生地容器と、前記オープンの焼き位置と前記生地容器との間を移動可能な回転ロールと、前記回転ロールに積層された前記バウムクーヘンの生地の外周面の一部を撮影するカメラとを有し、

前記コンピュータが、操作者から前記学習済モデルを用いた自動制御の指示を受け付ける工程と、

前記コンピュータが、前記カメラで撮影された前記オーブンの前記焼き位置で焼成中のバウムクーヘンの生地の外周面の画像を基に、前記サーバから提供される学習済モデルを用いて焼き加減又は焼成制御を判定し、判定結果を用いて、前記バウムクーヘンの各層の生地の焼成を自動制御する工程と、を有する、バウムクーヘンの製造方法。