

第5回設計に活かすデータ同化研究会
2019年3月7日(木)

FUJITSU
shaping tomorrow with you

データ同化と機械学習を用いた 実践事例の紹介 ～日本酒醸造AIの実証試験から考 える～

菊地亮太（株式会社富士通研究所）

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

FUJITSU

自己紹介

1

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

菊地 亮太(きくち りょうた)

FUJITSU

■ 略歴

- 2017年3月 東北大学工学研究科 航空宇宙工学専攻 博士後期課程修了
- 2017年4月～現職 富士通研究所 人工知能研究所 研究員

■ 専門領域

- 航空気象、数値流体計算、気象・観測
- データ同化、最適化、機械学習



■ 好きなモノコト



2

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

今の研究課題

FUJITSU

機械学習とシミュレーション・数理モデルをハイブリッド
→良いところ取りする方法論を研究

データから
学習

研究者としてのバックボーン

機械学習
AI

シミュレーション
数理モデル

ドメイン
知識を活用

相互補完

セキュリティ



商品
推薦



住宅



醸造



気象



航空機



ウインド
サーフィン



3

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

醸造AIについて



4

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

今日の話題提供



獺祭
DASSAI
獺祭

旭酒造株式会社
旭造

AIを活用した日本酒醸造の実証実験を行いました

5

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

日本酒造りを手助けするAIの開発

FUJITSU

■「獺祭」の醸造工程における温度管理や加水をAIでアドバイス

- 醸造工程の作業支援を実現し、高品質かつ均一な「獺祭」の安定供給！

顧客との共創によって
皆様に美味しい獺祭を届けたい



6

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

研究背景 醸造工程の作業支援

FUJITSU

■ 醸造工程を支援することを目的としたシステムの実証試験を実施

- 旭酒造と富士通での共同実証試験、「獺祭」の醸造工程において検証



FUJITSU

shaping tomorrow with you



酒造り
ノウハウの
データ

データ解析
システム構築



7

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

研究目的

FUJITSU

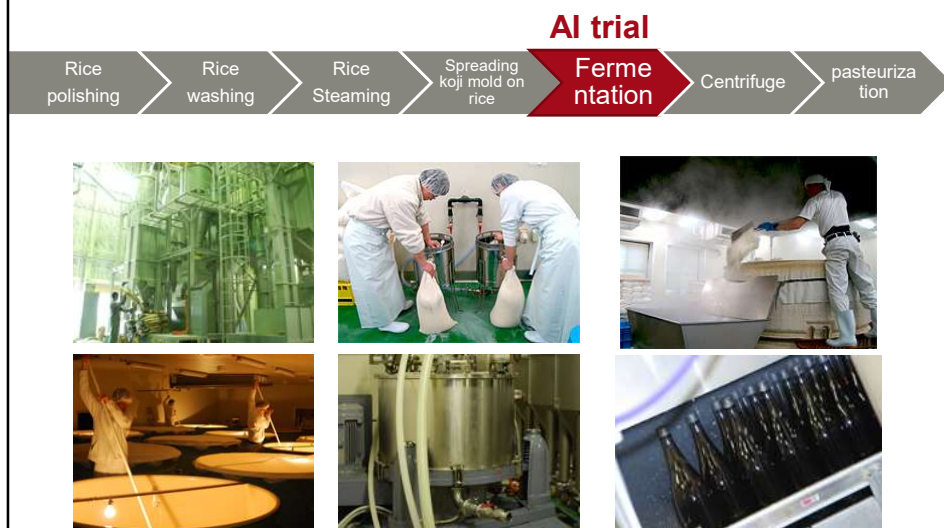
- 醸造工程の作業支援システムの実現を目指し、醸造工程の予測システムの開発を実施
- 予測システム
 - 日本酒醸造の流れを定義した数理モデル
 - 計測される実際のデータを用いた機械学習
 - 最適な制御プロセスを支援する情報を提供
- 本発表では、開発した醸造工程の予測システムとについて紹介する

8

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

日本酒製造プロセス

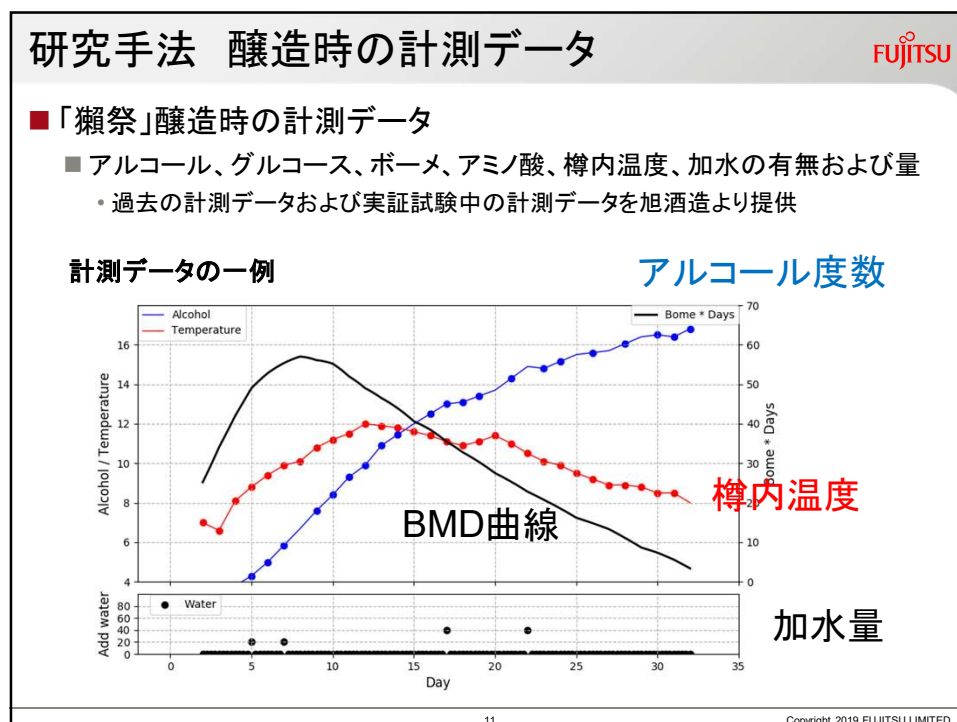
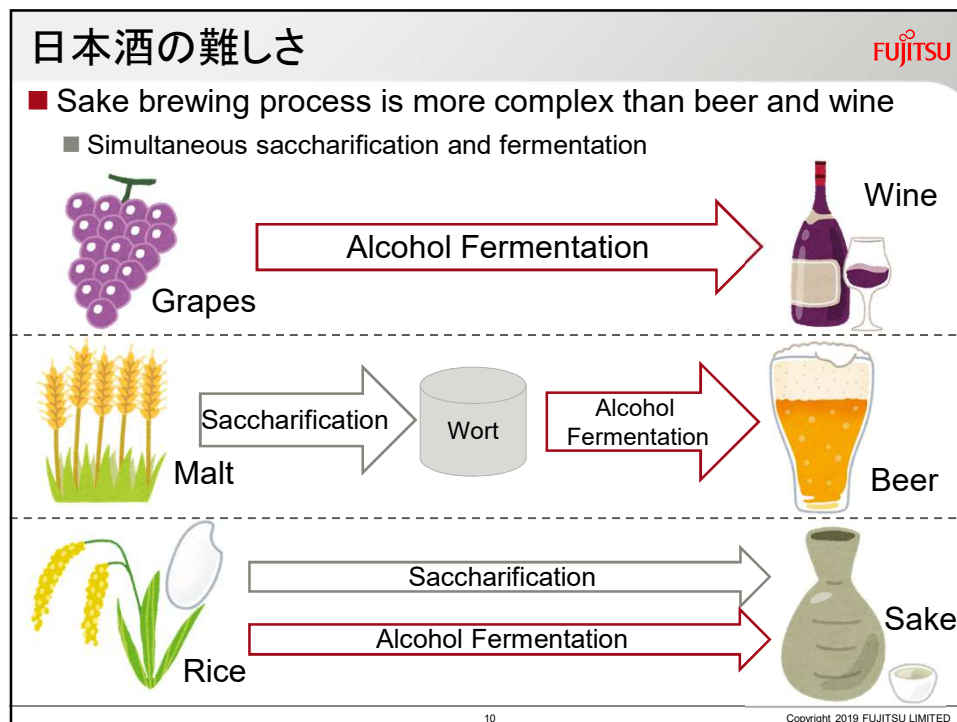
FUJITSU



AsahiShuzo website: <https://www.asahishuzo.ne.jp/english/about/process.html>

9

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

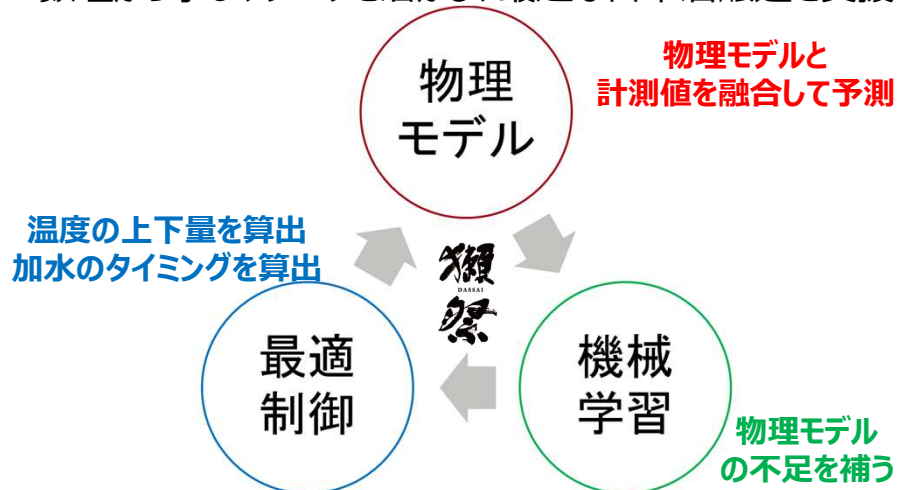


研究手法 全体概要

FUJITSU

数理モデル-機械学習-最適制御を統合した予測システム

数理から学び、データを活かし、最適な日本酒醸造を支援



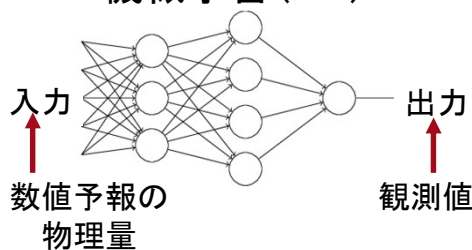
12

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

データ同化？機械学習？

FUJITSU

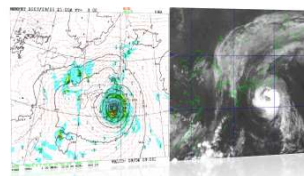
機械学習 (NN)



物理量と観測値の間のルール学習

- ・誤差逆伝播(ニューラルネットワーク)
- 非線形関数の重ね合わせ
- 使う関数自体が学習ルールを拘束

データ同化 (4D-VAR)



数値予報の初期値推定

Ex.)4次元変分法:4D-VAR

カルマンフィルタ系列: LETKF etc

シミュレーションと観測値を融合

- ・アジョイント式の後方時間積分
- 重ね合わせる関数はない
- 物理モデル自体束条件として機能

どちらも観測値を取り扱い、モデルを改良する点は同じ
→学習アルゴリズムにも共通点

13

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

データ同化？機械学習？

FUJITSU

・コンセプトもアルゴリズムも類似点が多い

解釈すると、予測をするために「何で殴るか？」が違う



データを大量に集めて殴る
→機械学習



物理も駆使して殴る
→データ同化

14

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

データ同化？機械学習？

FUJITSU

- もう少しカッコよく言うならば・・・
- 「どうやって、大量の自由度を制約する？」
- 例えば、Deep Learningではネットワーク中の自由度を、データを使って、学習していきます。一つ一つのデータでは決められませんが、大量のデータを集めて、束縛していきます。→「大量データ」で殴る
- データ同化では、シミュレーションの自由度(格子点×変数)を支配方程式・物理を使って、制約することで観測データを使いつつ、束縛していきます。
- 「物理を駆使して」殴る

15

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

研究手法 システムの流れ

FUJITSU

■ 計測

- 樽内の温度、アルコール、グルコースなど

■ 予測

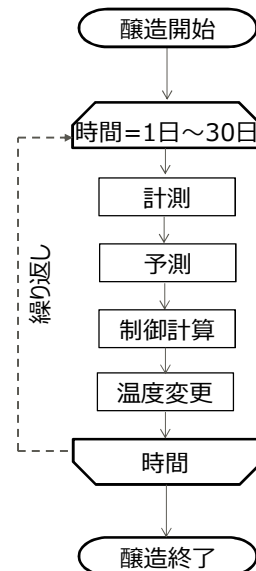
- 醸造工程を表す数理モデル
- 計測値を用いたデータ同化
 - ・カルマンフィルタ

■ 制御計算

- モデル予測制御による最適制御
- 樽内の温度管理、加水管理

■ 温度変更

- 酒造側での判断および変更



16

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

研究手法 数理モデル

FUJITSU

■ 日本酒醸造の流れの数理モデル化

- 生物学的プロセス、経験などを数理的に反映
 - ・ 並行複発酵(Simultaneous Saccharification and Fermentation)のモデリング

$$\frac{dS}{dt} = -aSM: \text{デンプンと麹菌があると、デンプンは分解}$$

$$\frac{dM}{dt} = b(T) * SM - c(T) * M: \text{デンプンを食べて増殖、ある一定数は死滅}$$

$$\frac{dG}{dt} = vSM - wGF: \text{麹菌がブドウ糖を生成、清酒酵母が食べて減る}$$

$$\frac{dF}{dt} = x(T) * GF - y(T) * F: \text{ブドウ糖を食べて増殖、ある一定数は死滅}$$

$$\frac{dA}{dt} = zGF: \text{アルコールは清酒酵母が生成}$$

$$\frac{dT}{dt} = t_1SM + t_2GF - t_3(T - T_{room}): \text{菌類の活動により熱が発生し、}$$

ニュートンの冷却法則で外部と熱を交換

S: デンプン
M: 麹菌
G: ブドウ糖
F: 清酒酵母
A: アルコール
T: 温度

ボーマ予測は、機械学習(ランダムフォレスト)によって実施
入力変数: S, M, G, F, A, T → 出力: ボーマ

17

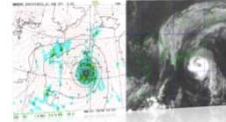
Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

研究手法 データ同化

FUJITSU

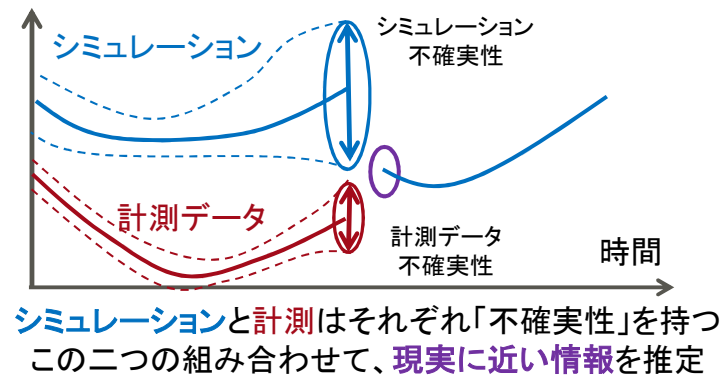
■ 計測データと数理モデルの融合技術

- データ同化技術: 気象予報などでも使用
- 計測値を組み合わせることで予測を高精度化



気象予報の初期値推定
(気象庁など)

■ データ同化の動作イメージ



18

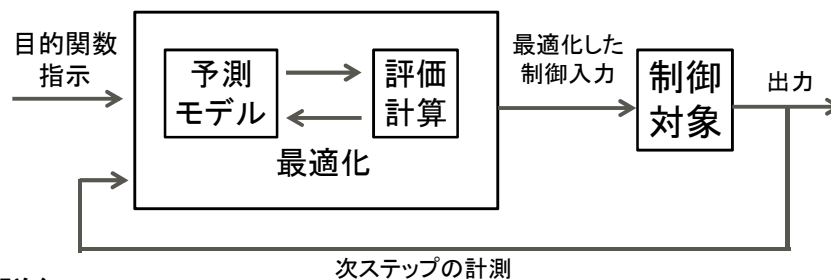
Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

研究手法 最適制御

FUJITSU

■ モデル予測制御(MPC: Model Predictive Control)

- 各時刻で将来予測を実施し、その応答を予測しながら最適制御を実施



■ 詳細

- 予測モデル: データ同化を実施して高精度化された数理モデル
- 評価関数: アルコールとボーメの関係
- 制御入力: 樽内温度、加水

19

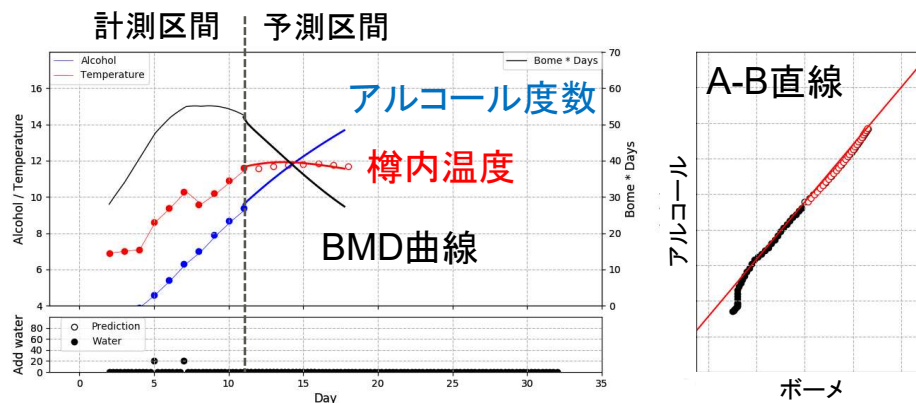
Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

結果(1) 数理モデルによる予測

FUJITSU

■ 1週間先までの予測の実施例

- 過去の計測データをデータ同化によって、数理モデルと融合
- 数理モデルのパラメータや、状態量を更新し、更新された数理モデルで予測



醸造工程の予測情報を提供することで醸造判断を支援可能

20

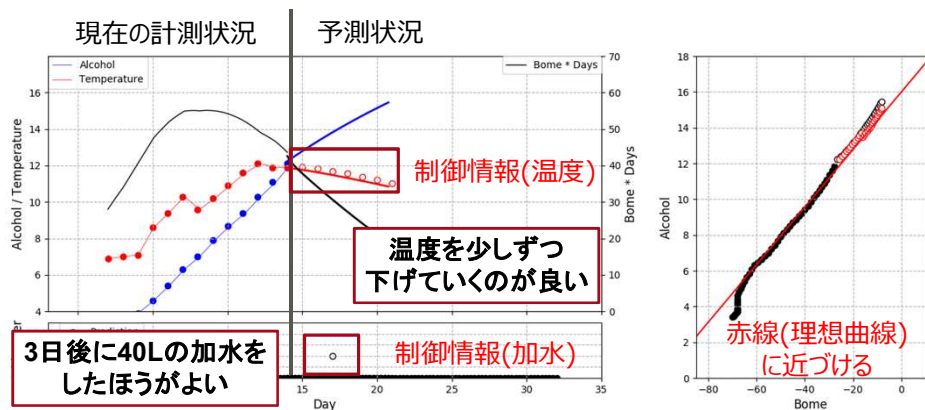
Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

結果(2)最適制御のレコメンド情報

FUJITSU

■ アルコールとボームの関係を近づけるレコメンド情報の例

- 温度変更および加水量・タイミング



温度および加水に関して、
具体的なレコメンド情報を提供することで、醸造判断を支援

21

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

まとめ

FUJITSU

■ 日本酒醸造工程の作業支援システムの実現を目指し、醸造工程の予測システムを開発

- 数理モデルとデータ同化によって、1週間先までの醸造工程を予測することが可能であることを確認
- モデル予測制御によって、アルコールとボーメの関係を最適に保つための温度管理および加水のレコメンド情報を算出することができた



富士通プレスリリース: <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2018/04/19.html>

22

Copyright 2019 FUJITSU LIMITED

FUJITSU

shaping tomorrow with you