

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「茶生葉や蒸葉の状態を数値化し、
高品質な煎茶製造のための蒸熱を適正に制御する装置の開発」

研究開発成果等報告書

平成25年 5月

委託者 近畿経済産業局

委託先 株式会社 寺田製作所

目次

第1章 研究開発の概要

1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2	研究体制	
1-3	成果概要	
1-3-1	蒸熱制御装置の開発	8
1-3-2	かさ密度計測技術の確立	8
1-3-3	蒸し度判定技術の確立	8
1-3-4	蒸し度修正技術の確立	8
1-3-5	蒸熱工程制御マニュアルの作成	8
1-3-6	蒸熱工程制御統合システムの作成	8
1-4	当該研究開発の連絡窓口	

第2章 本論

2-1	装置	9
2-2	かさ密度計測について	13
2-2-1	計量ホツパの2側面画像からのかさ密度計測	13
2-2-2	給葉機でのかさ密度計測	15
2-2-3	両眼立体視カメラによるかさ密度計測	16
2-3	蒸し度の判定について	17
2-3-1	色情報による判定	17
2-3-2	主脈と葉の色差	18
2-3-3	統計的手法による蒸し度判定	18
2-4	蒸熱工程制御マニュアルについて	19
2-5	蒸熱工程制御統合システムの作成	21

第3章 全体総括

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

煎茶製造において、蒸熱（茶葉を蒸して、酵素活性を止めると同時に蒸し具合—蒸し度—を決定する）は品質を決定づける重要な工程であり、特に香りを重要視する「宇治茶」では、生葉に応じた適正な蒸熱が強く求められる。適正な蒸熱条件を決めるためには、まず生葉の状態を観察に基づいて把握し、蒸熱条件を設定する。次に蒸熱後の蒸葉の状態を観察し、蒸熱程度を判断して蒸熱条件の修正を行うが、これら観察や判断には、熟練した「匠の技」が必要とされる。蒸熱工程以外の製茶工程においては、茶温による自動制御が行われているが、蒸熱工程は「匠の技」を持つ熟練者の主観的判断で制御が行われている。

また、近年、春先の気象変化が大きく、新芽の生育が不安定で、熟練者であっても判断が困難になる状況が見られ、加えて高齢化などで「匠の技」の技術伝承が行いにくく、不適切な蒸熱により品質を損なう事例が多くみられるようになっている。

そのため、主観的判断で行われてきた蒸熱工程を、客観的に行う必要から、指標づくりが進められ、一定の成果を上げたが、ほとんどが実用化に至っていない。例えば、蒸熱程度を把握するために、蒸葉の色を測定することが有効であるが、測定は測色色差計を用い、測定部位を特定するなど、計測に多大な労力と時間がかかる。また、生葉の硬軟度を把握するためには、生葉の粗繊維含量が有効で、迅速に測定するには近赤外分光分析で測定できるが、専用かつ高価な機器が必要で、普及が図りにくい。

一方、京都府農林水産技術センター農林センター茶業研究所では、簡易な測定で客観的な蒸熱程度の指標づくりに取り組み、放射温度計で茶葉温度を測定することで蒸熱程度が把握出来ることや、茶葉のかさ密度と芽長などが、粗繊維含量に関連することを明らかにしてきた。

そこで、本研究開発はこれまでに蓄積されてきた技術シーズと、画像処理による茶葉の堆積状態把握や、形状認識など、メーカーや大学が持つ技術を融合させ、「匠の技」を測定する装置を開発し、「匠の技」を反映させた適正な蒸熱工程の制御を図ることで、生産者や茶業界のニーズに応えようとするものである。

煎茶生産農家から、特に蒸熱工程を的確に行い、高品質な茶を安定して生産することと、製茶に係る人件費を削減し、製茶コストを低減することが求められている。これは、仕上げから小売りまで広い産業規模を持つ茶業界全般の「高品質な茶を低コストで提供する」というニーズとも一致する。

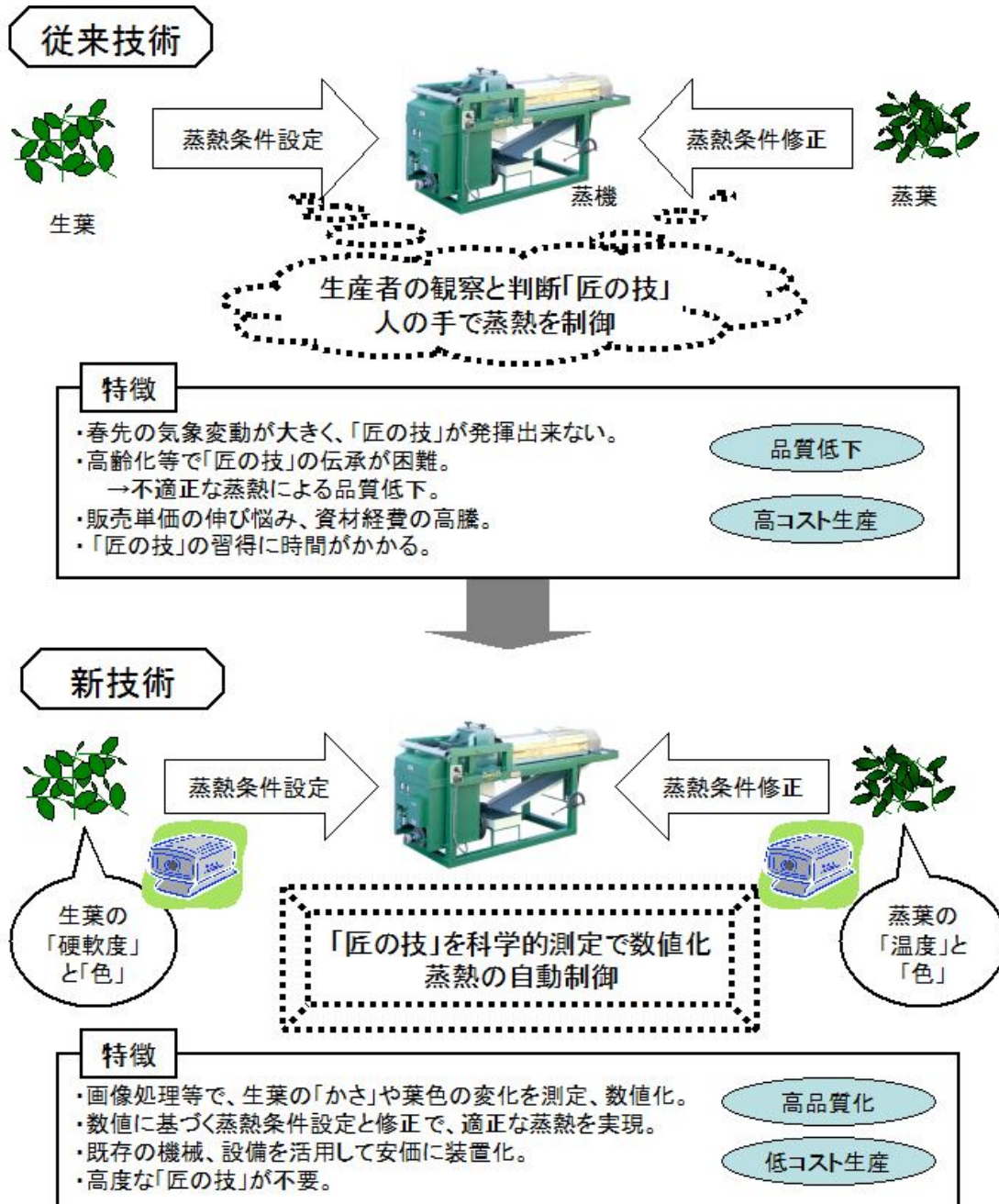
これに応えるために、生葉や蒸葉の状態を測定、数値化し、その数値に基づき蒸熱を制御する産業機械を、これまでに蓄積した技術シーズや、メーカーのもつ開発力を融合させ、既存の製茶機械設備を活用することで、安価に開発する必要がある。

そのために次の目標を設定した。

- ・生葉や蒸葉の状態を数値化し、その数値に基づき蒸熱工程を制御する装置の開発により、適正な蒸熱を安定的に実施する。
- ・不適切な蒸熱が原因と考えられる品質低下を防ぐことで、製造を原因とする荒茶価格の低下を防ぎ、高品質で均質な荒茶の継続的な供給を実現する。
- ・蒸熱工程に振り分けられる人員の削減、または経験の少ない従事者でも作業できるようにし、製茶に係る人件費の30%削減を目標とする。
- ・開発する機械の販売価格を1セットあたり、自動制御機能なしで200万円、自動制御機

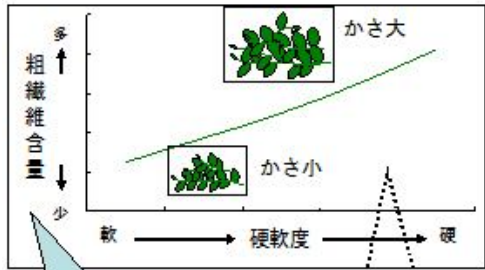
能を持たせても300万円以下とする。

平成22年度～24年度における研究開発の結果、茶生葉のかさ密度の計測技術、生葉及び蒸葉の画像取得装置、蒸し度の判定技術など一定の成果を得ることができた。また、茶生葉のかさ密度に基づく、蒸熱条件の設定値について、提示することができた。



着目する技術と開発装置

生葉の硬軟度

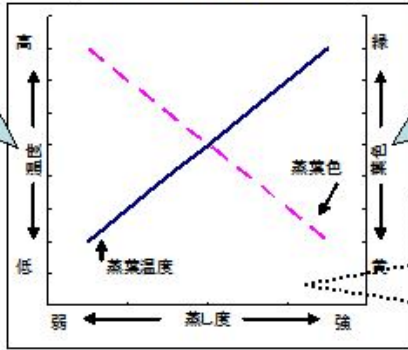


高価な専用機器が必要

かさが測れたら...

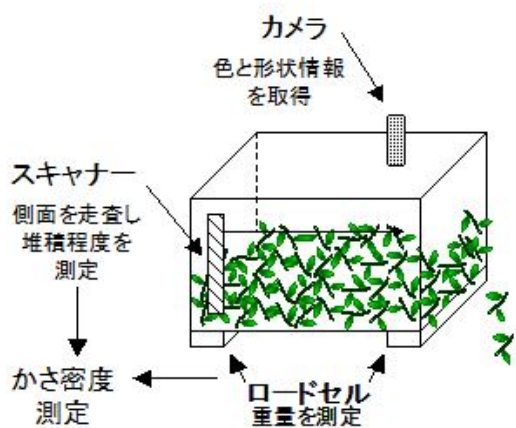
測定環境の影響をうける

蒸葉の温度・色



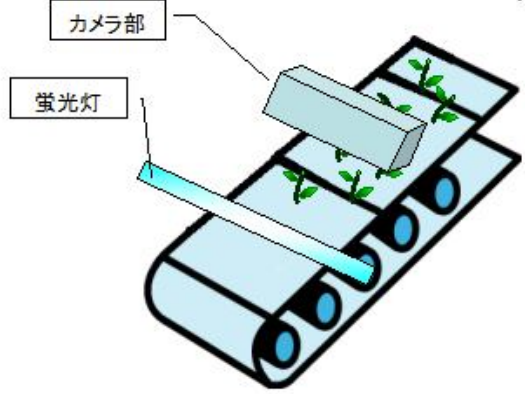
測定に手間がかかる

測定方法を工夫したら...



既存の生葉流量計を活用して、一定重量の茶葉の堆積程度を側面からのスキャナーで読み取り、かさ密度を測定する。
カメラで色と形状情報を取得する。

かさ密度と形状情報から、生葉の硬軟度を把握する。

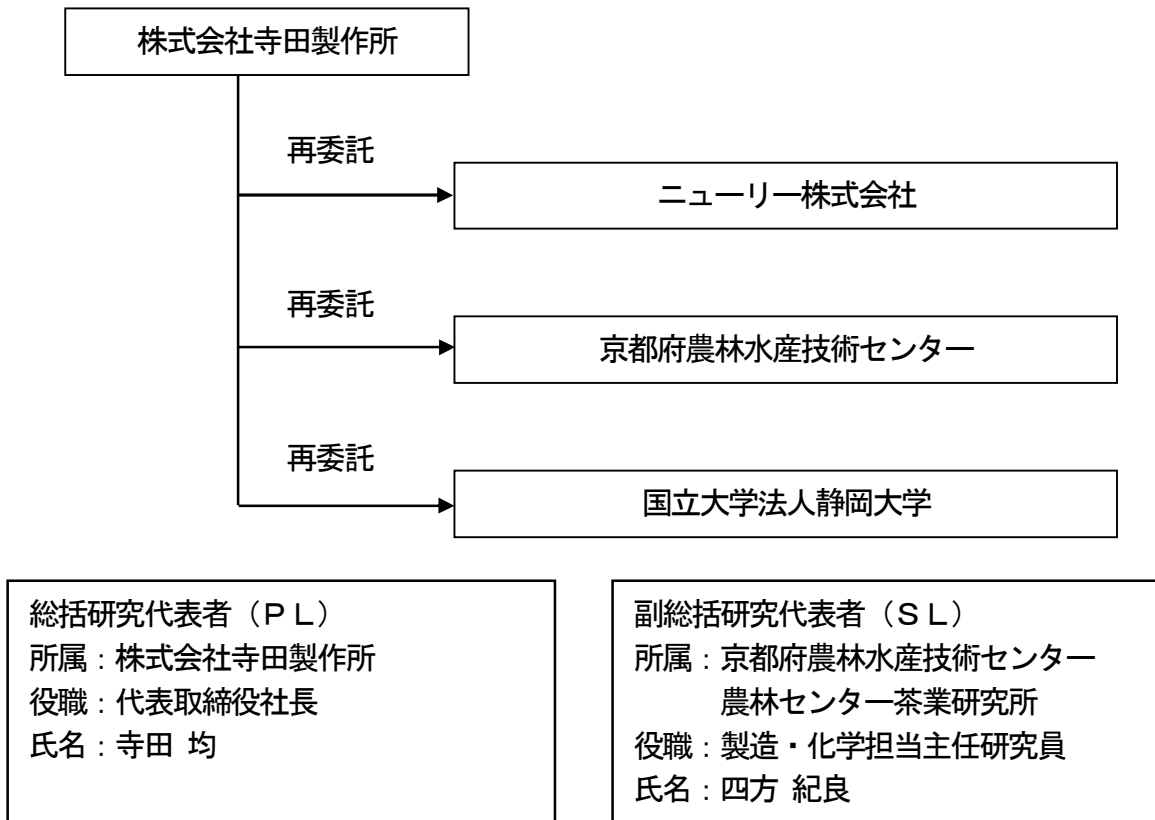


蒸葉をサンプルし、色を測定する

生葉の色との違いを把握(数値化)する

1-2 研究体制

1) 研究組織及び管理体制



2) 研究員及びアドバイザー

【事業管理機関】株式会社寺田製作所

①管理員

氏名	所属・役職
寺田 均	代表取締役社長

②研究員

氏名	所属・役職
寺田 均 (再)	代表取締役社長
三森 孝	技術部 部長
中村 義和	技術部 開発課 課長
堀田 和弘	技術部 開発課

【再委託先】

ニューリー株式会社

氏名	所属・役職
梅本 良樹	デバイスプロダクツ 開発部 部長
木村 俊介	デバイスプロダクツ 開発部 開発課 主任
森岡 東洋志	デバイスプロダクツ 開発部

京都府農林水産技術センター 農林センター茶業研究所

氏名	所属・役職
四方 紀良	製造・化学担当 主任研究員
馬場 奈央登	技師

国立大学法人静岡大学 情報学部

氏名	所属・役職
中谷 広正	情報学部 情報科学科 教授
杉山 岳弘	情報学部 情報社会学科 准教授
Tsagaan Baigalmaa ツァガン バイガルマ	情報学部 情報科学科 助教

アドバイザー

氏名	所属・役職
北橋 忠宏	大阪大学 名誉教授
松井 徳之	京都府茶生産協議会
木野 正男	京都府茶生産協議会

1-3 成果概要

実施期間中のテーマを大別して、成果概要を述べる。

1-3-1 蒸熱制御装置の開発

研究開発にあたり、蒸熱制御に係る装置の開発を行った。蒸熱工程は、茶葉を蒸す為の「蒸機」、茶葉を安定供給するための「生葉流量計」、蒸熱用の蒸気を発生させる「ボイラ」で構成される。茶葉の生葉の状態及び、蒸熱後の状態を取得するために、

- ① かさ密度測定装置
- ② 茶生葉画像取得装置
- ③ 蒸葉画像取得装置(蒸機直後及び冷却機直後の二か所計測装置を作成)
- ④ 周囲温湿度を計測する、環境測定装置

を製作した。これらを用い、茶葉の生葉及び蒸熱後の画像を取得した。

1-3-2 かさ密度計測技術の確立

茶葉のかさ密度を計測する手段として、

① 軽量ホップの直行する2面の投影画像を取得し、立体(ほぼ錐形)を推定して体積を求める方法。

② 生葉流量計の給葉機を流れる茶葉の堆積を測定する方法

③ 両眼立体視カメラによる立体画像から堆積を求める方法

を試験し、両眼立体視による体積計測が最も適しているということが判った。

1-3-3 蒸し度判定技術の確立

蒸し度の判定を客観的に行うために、蒸葉の画像から蒸し度に相関のある要素を拾い出し、蒸し度指標に適した数値を調査した。RGB・HSV・L*a*b*色空間における数値を解析したが、単独の数値で蒸し度を判定することは困難であった。複数の画像情報を基に統計的手法で蒸し度を判定することにより、既知の蒸し度に対して、平均して80%以上の識別率を得ることが出来た。

1-3-4 蒸し度修正技術の確立

蒸し度判定手法を用いて、所定の蒸し度になるように蒸機及び生葉流量などの蒸熱設定の修正を試みたが、蒸し度の変化が判りにくい場合もあり、修正の為の制御技術を確立するには至らなかった。

1-3-5 蒸熱工程制御マニュアルの作成

かさ密度の計測値から、蒸熱条件を導き出す導出関数を作成した。

1-3-6 蒸熱工程制御統合システムの作成

蒸熱工程におけるかさ密度、及び茶生葉、蒸葉の画像取得について、統合してデータを取得することはできたが、蒸し度の修正制御など十分確率できないテーマもあり、価格面も含んだ制御装置の製作は実現できなかった。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

事業管理機関

株式会社 寺田製作所 技術部

担当者 三森 孝 技術部 部長

TEL : 0547-45-5111 / FAX : 0547-45-5110

e-mail : takashi.mitsumori@web-terada.jp

第2章 本論

2-1 装置

蒸熱工程のための製茶機械装置は、茶葉を蒸す為の「蒸機」、茶生葉を蒸機に安定供給するための「生葉流量計」、蒸熱用の蒸気を発生させる「ボイラ」で構成される。本研研究開発にあたり、蒸熱条件及び蒸し度の状態を把握するために必要な情報を、

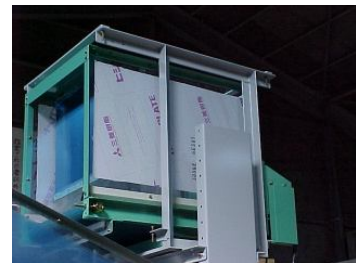
- ・ 茶生葉のかさ密度
- ・ 茶生葉の画像
- ・ 蒸葉の画像
- ・ 蒸葉の温度
- ・ 環境（周囲）の温湿度

と決定した。また、各々の計測技術について複数の手段が考えられるものは、それらも検討し、装置としての実装を図った。

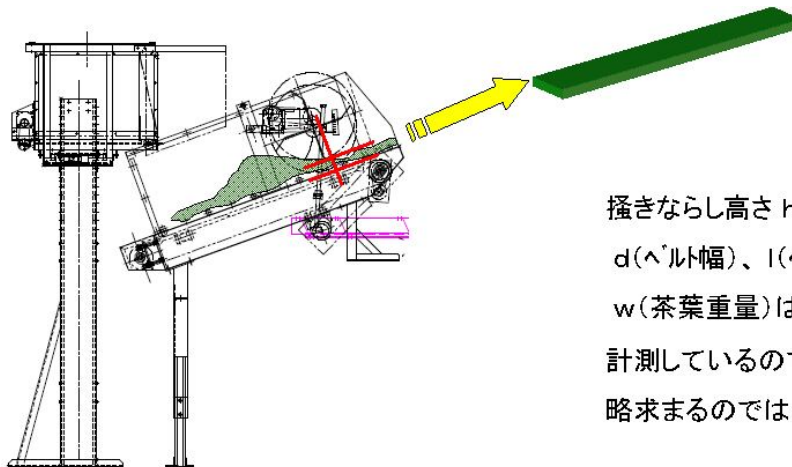
① 茶生葉のかさ密度

- ・ 計量ホッパの直行する2面の投影画像から立体を（ほぼ錐形）を類推し、体積を計算する。

計量ホッパ



- ・ 給葉機を流れる茶葉の体積を測定する。



掻きならし高さ h が判れば
 d (ベルト幅)、 l (ベルトスピード \times 時間)。
 w (茶葉重量) は計量コンベヤで
計測しているのでかさ密度が
略求まるのでは？

- ・ 両眼立体視カメラで立体画像を撮影し、体積を測定する。

② 蒸葉の画像

蒸葉の画像に関しては、蒸機から出る蒸気の影響及び、茶葉からの湯気の影響が懸念された。蒸し度の的確な判定は蒸機から排出された直後が望ましいが、判定に足る画像が得られない場合を考慮して、冷却機の後でも取得するようにした。冷却機後の蒸葉は、品温も常温に近くなっており、また茶葉の「冴え」と言われる色合いも判定しやすくなる。

上記検討事項を考慮し、製作した機器を記載する。

・新生葉流量計

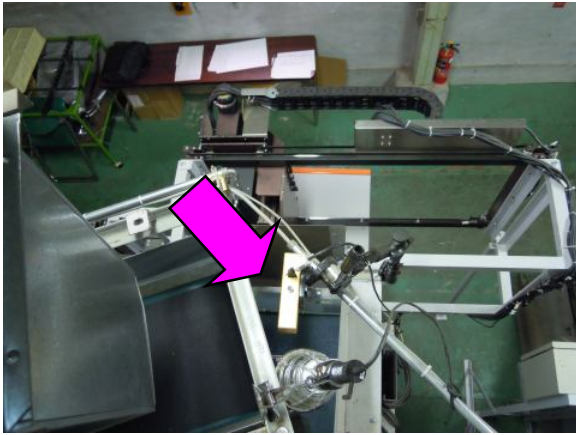
生葉を一定流量で安定的に蒸機に供給する装置。
茶生葉を一定重量計測する計量ホップと、茶生葉を蒸機に供給する給葉機からなる。ここで、茶生葉のかさ密度と、茶生葉画像を取得する。



計量ホップにかさ密度測定用のスキャナを設置。
茶葉重量は計測されているが、体積を計測する手段がこれまで無かった。体積方法が確立すれば、茶生葉のかさ密度を計測することができる。
(下のユニットは、スキャナコントローラ)



給葉機の茶生葉の高さを計測する為のエンコーダ。



計量ホッパ上部に取り付けられた、
両眼立体視カメラ。



撮影されたステレオ画像。

給葉機に設置された、茶生葉画像取得用
スキャナ。茶葉搬送ベルトの速度は生葉流量制御
の為に变速するので、スキャナコントローラに
ベルト速度データを送り、画像を取得する。



スキャナについて、生葉画像取得装置を例に、構成を記す。

装置構成

- 搬送部 (駆動軸、モーター、モータードライバー)
- 光学ユニット部 (レンズ、ミラー、カメラ)
- 光源部 (白色LED光源、ドライバー電源)
- コントロールユニット部 (制御基板、電源)
- アセンブリ (ケーブル、配線ダクト)
- PC用ソフトウェア (スキャン制御、通信、画像保存、表示)

生葉画像取得装置の各部の機能を以下に記す。

- ・ 搬送部

生葉を搬送するコンベアの上に設置され、光学ユニット部は固定されている。

- ・ 光学ユニット部

生茶葉を搬送するコンベアの上に設置され、コンベア上を移動する生茶葉の画像を取得する。カメラ内の1次元のカラーCCDセンサにより、主走査方向をスキャンする。副走査方向はコンベアの移動により行う。

- ・ 光源部

生茶葉スキャンのため、読み取りヘッドの視野に白色光を照射する。

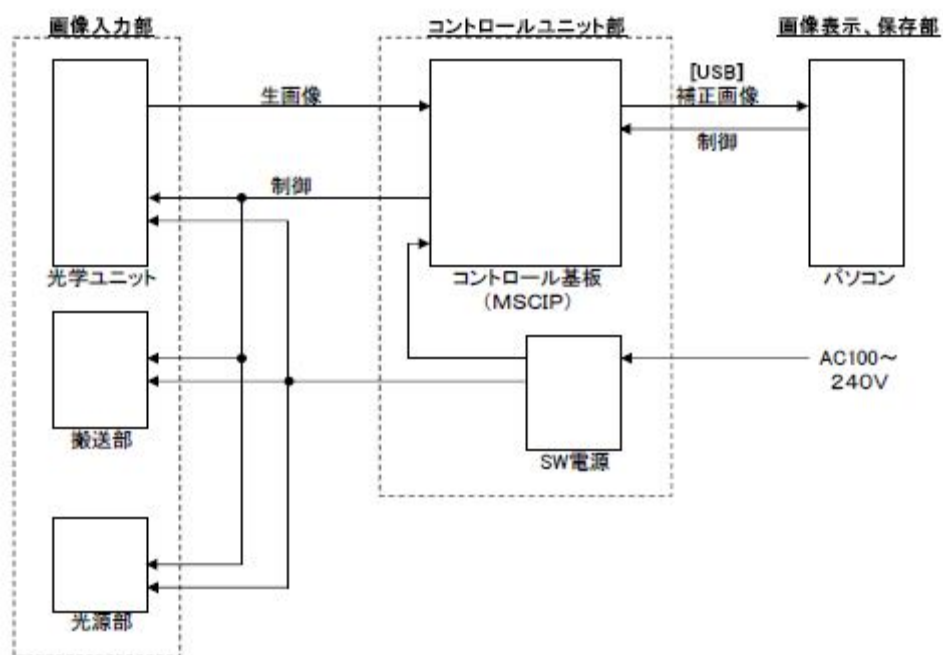
- ・ コントロールユニット部

上位のパソコンとUSBインターフェースを介して通信を行い、カメラとの通信、搬送部の制御、光源部の制御を行う。生茶葉にあわせた読み取り条件の設定等を行う。

- ・ PC用ソフトウェア

スキャン条件の設定、スキャンエリアの指定、画像処理（ホワイトバランス、照明ムラ補正等）、画像ファイルの作成。

【ブロック図】



- ・ 蒸葉画像取得装置

蒸葉の画像取得は、蒸気の影響を避けるために、サンプリングによる撮影とした。

ベルトコンベヤ上に蒸葉を採取し、静止させ、スキャンする。

ここでは、放射温度計にて蒸葉の温度も測定する。



・環境測定装置

蒸熱工程周りの周囲の状態、主に温度・湿度の変化が蒸熱工程にどのような影響を及ぼすか調査する。



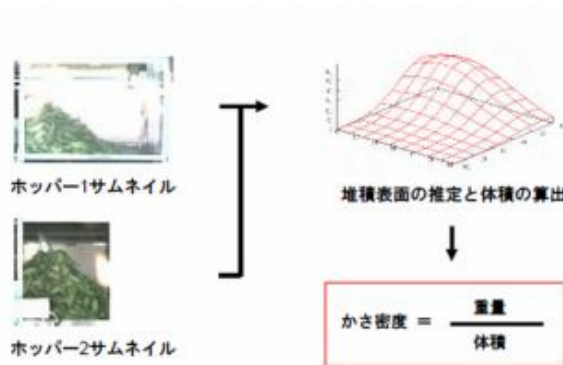
2-2 かさ密度計測について

かさ密度計測の3手法について、解析及び評価の結果を述べる。

2-2-1 計量ホッパーの2側面画像からのかさ密度計測

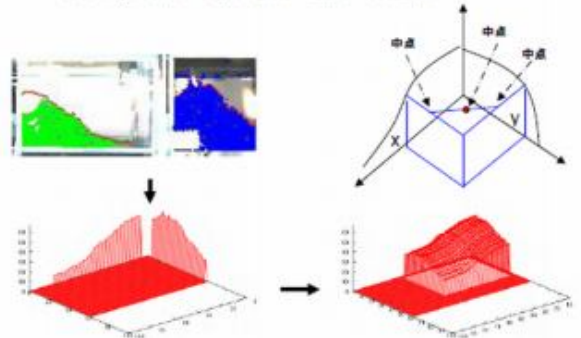
計量ホッパーの2側面画像を基に、立体を類推して体積を推定した。解析手法は次の3つの方法を評価した。

手法1

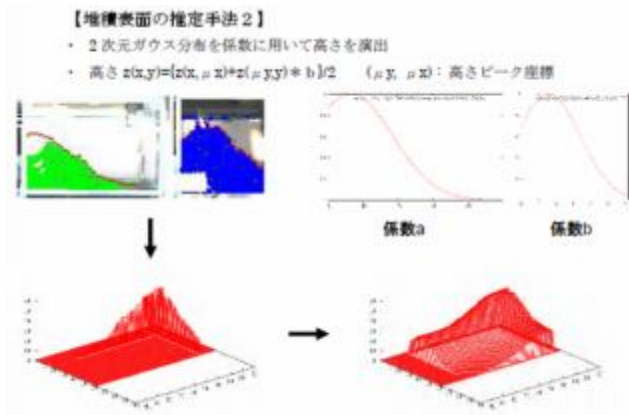


【堆積表面の推定手法1】

- ・ 右上図のような赤い点を求める
- ・ 高さ $z(x,y) = \{z(x,0) + z(0,y)\} / 2$ 算出した座標を3次元空間にマッピング



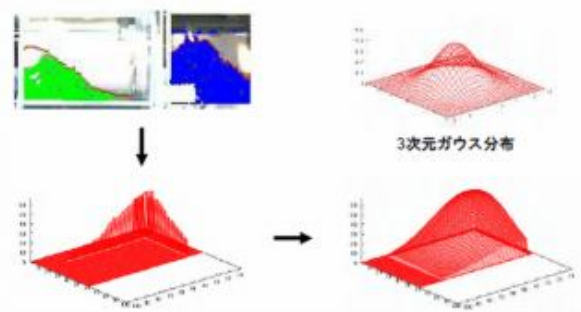
手法2

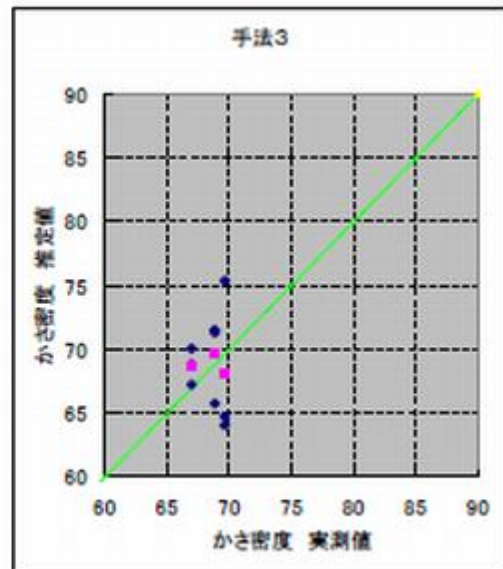
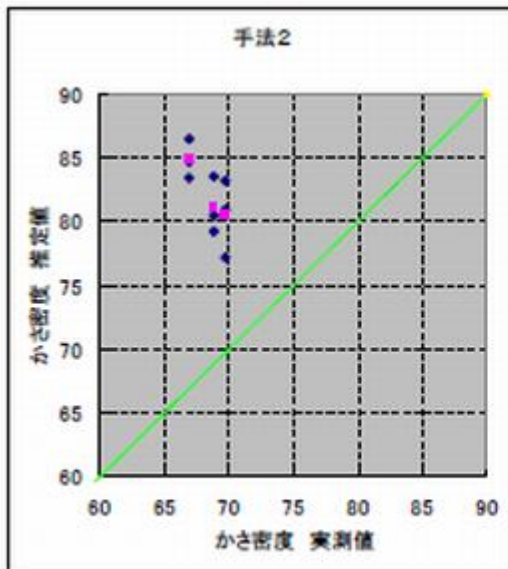
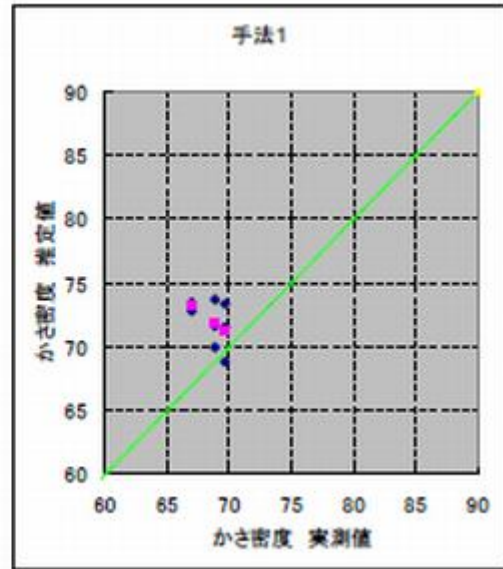
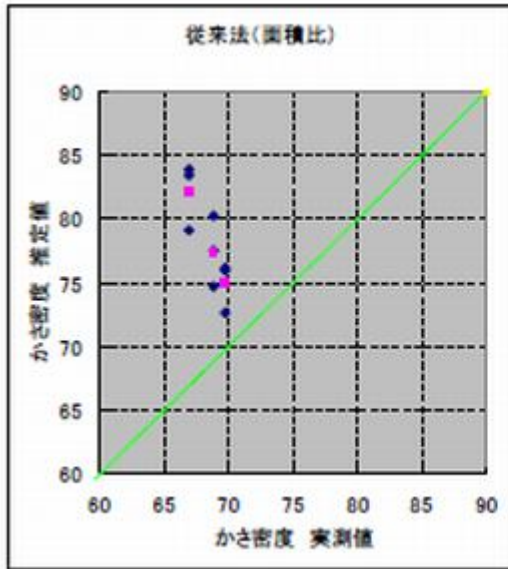


手法3

【堆積表面の推定手法3】

- ・ 3次元ガウス分布を用いた近似
- $$z(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu_x)^2 + (y-\mu_y)^2}{2\sigma^2}\right)$$
- (μ_x, μ_y): 高さピーク座標
 σ : ホッパー1の横サイズ/3

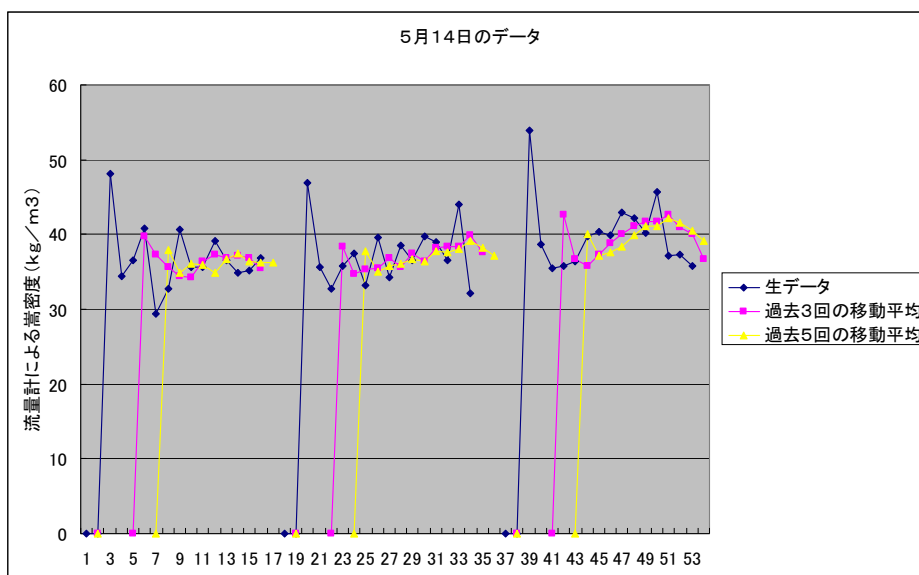




各々の解析結果ら、手法3が実測値を最も良く表している結果となった。

2-2-2 給葉機でのかさ密度計測

生葉流量計は、重量計測された茶葉が蒸機に投入される時間を計測して、生葉流量を計測している。給葉機でベルト速度と蒸機への投入時間から延べ板上に送られる茶生葉の長辺、ベルト幅が短辺、掻き均しの高さが茶生葉の高さとする、茶生葉の体積を類推することができる。



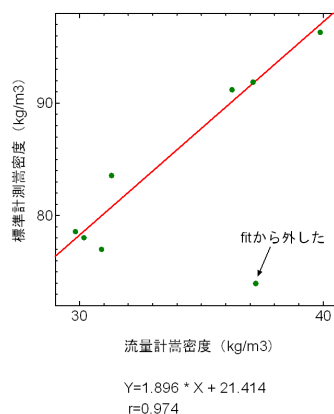
グラフは、平成23年5月14日のかさ密度計測のデータである。移動平均で値を均すと、ほぼ安定したデータを得ることができるが、変動の大きなバッチも観察される。

かさ密度の標準計測方法（充填法）と給葉機でのかさ密度には大きな値の違いが見られる。これは、充填法が振動させながら、20cmの高さに積むのに対し、給葉機では、2cm～4cm程度の高さに均されて搬送するので、小さな値となる。

バッチ	kg/m ³ 充填法	kg/m ³ 流量計計測
5月13日4回目	78.55	29.84
5月13日5回目	83.55	31.32
5月14日1回目	91.17	36.27
5月14日2回目	91.85	37.13
5月14日3回目	96.28	39.89
5月15日1回目	78.01	30.19
5月15日2回目	76.98	30.91
5月15日3回目	73.94	37.24

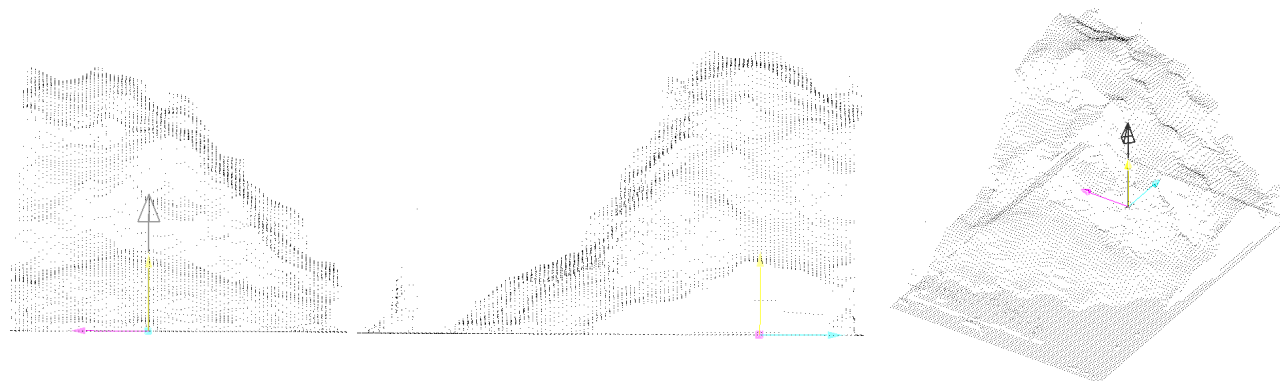
標準計測嵩密度と流量計嵩密度

充填法で求めたかさ密度への変換を行うと、よく一致するが、硬軟度によって変換式は異なるので、充填法との比較は難しい。



2-2-3 両眼立体視カメラによるかさ密度計測

両眼立体視カメラは、左右一対のステレオ画像を撮影でき、ステレオ画像に三角測量を用いることにより3次元座標を取得することができる。カメラの最短距離限界から2mまでの3次元座標の誤差は、-0.5%~0.2%と高い信頼性がある。但し、同じような画素の続き対応付けが困難である部分はこの限りではない。



今回の研究開発で両眼立体視カメラから取得した茶葉の体積状況を表す点群の画像である。

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
体積計測値 (m^3)	0.02135	0.03260	0.01756	0.02766	0.01830	0.02662	0.01718	0.02728	0.01985	0.03498
体積目安 (m^3)	0.01760	0.02640	0.01760	0.02640	0.01760	0.02640	0.01760	0.02640	0.01760	0.02640
誤差率 (%)	21.3	23.5	-0.2	4.8	4.0	0.8	-2.4	3.3	12.8	32.5
重量 (kg)	1.20	2.15	1.00	1.60	1.00	1.55	0.60	1.00	0.75	1.50
嵩密度計測 (kg/m^3)	56.20	65.95	56.95	57.85	54.65	58.24	34.92	36.66	37.79	42.89
嵩密度目安 (kg/m^3)	68.18	81.44	56.82	60.61	56.82	58.71	34.09	37.88	42.61	56.82
密度誤差率 (%)	-17.6	-19.0	0.2	-4.5	-3.8	-0.8	2.4	-3.2	-11.3	-24.5
詰め込みを行うか	○	○							○	○
茶葉の硬さ							硬	硬	硬	硬

上表は、両眼立体視カメラによる体積及びかさ密度計測と実測との差である。茶葉を詰め込んだ場合の誤差は大きく出てしまうが、自然落下による計測では、実測との誤差も小さく、計測値として有効であると思われる。

かさ密度計測について、上記3手法のうち、実装の簡便さと計測誤差を考慮して、両眼立体視カメラによる、かさ密度計測が適していると判断した。

2-3 蒸し度の判定について

蒸熱工程を経た茶葉は、葉の表裏の色の差が近づき、全体的に色調が一定になる傾向がある。また、蒸しの程度を進めていくと、茶葉は色調として徐々に黄色みを帯びてくる。また、形状としては、柔らかくなるために葉としての原形をとどめにくくなっていく。また、色情報として、青成分が強くなるとの見解もある。



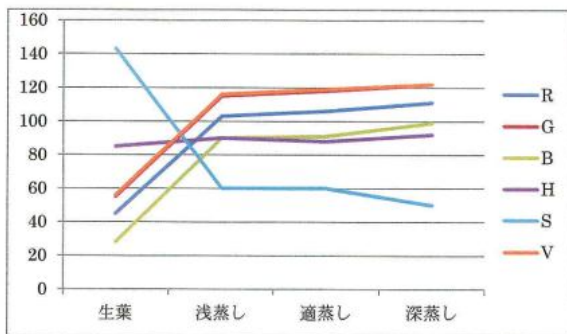
生葉（表裏の色が明瞭）



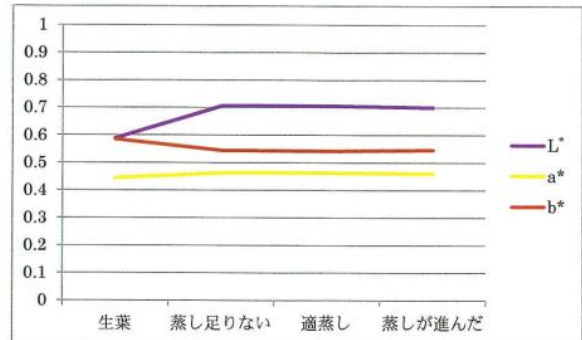
蒸葉（表裏の色差が少ない）

試験では、意図的に蒸し度を変更しそれぞれの画像を基に蒸し度判定の為の指標を探った。

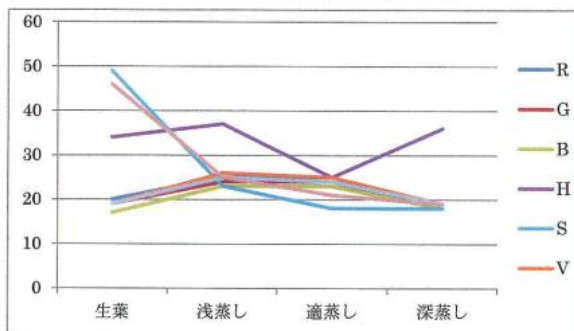
2-3-1 色情報による判定



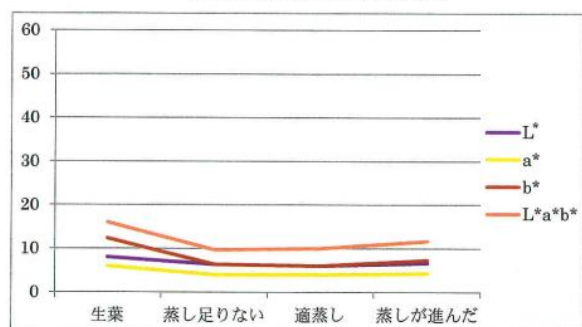
RGB,HSVの各要素の平均値の推移



L*a*b*の各要素の平均値の推移



RGB,HSVの各要素の標準偏差の推移

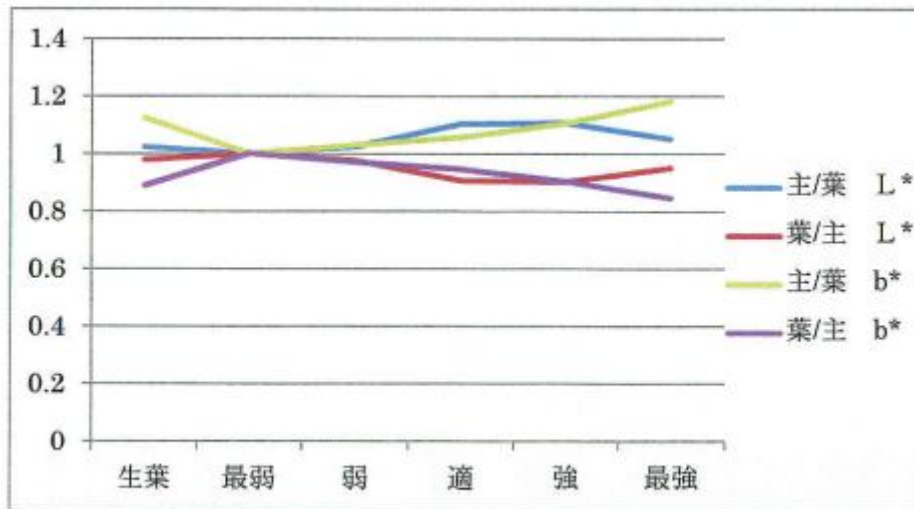


L*a*b*の各要素の標準偏差の推移

RGB・HSV・L*a*b*のそれぞれの色座標で色情報と蒸し度の相関を調べた。いずれも生葉から蒸葉への変化は認められるが、その後蒸し程度に対する色情報の値の変化は指標に足る相関は見られなかった。

2-3-2 主脈と葉の色差

蒸熱工程で、葉の表裏の色差は小さくなるが、葉の主脈（葉の中心の葉脈）が際だってくることに気づいた。これは、葉と主脈は厚みや水分に差があり、蒸しの程度が葉と主脈で差が出てしまうことによると説明できる。主脈と葉について、その比をとり蒸し度と対比させたグラフを示す。

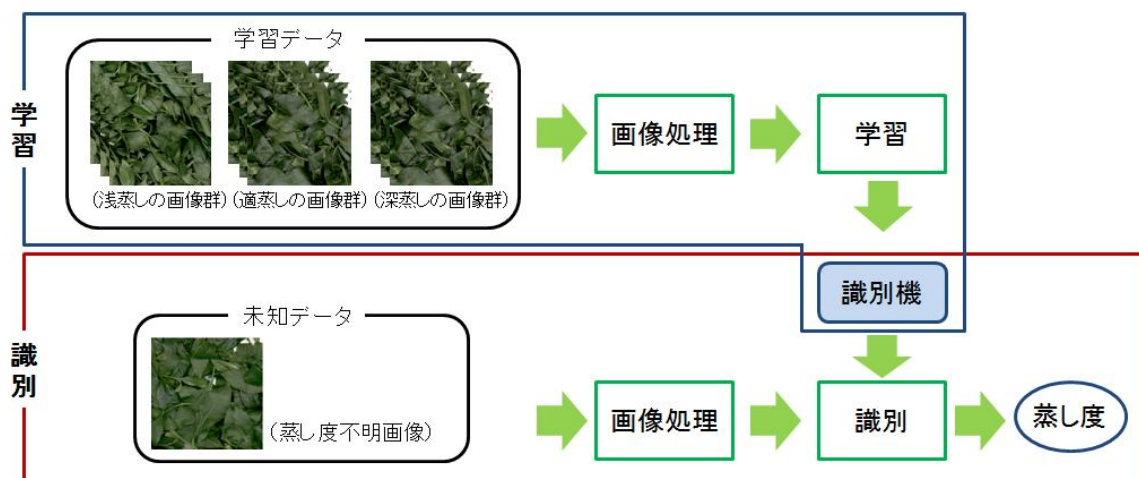


主脈の L* の平均値 / 葉の L* 平均値 などの推移

蒸し度に対して、値の相関が見られる。蒸し度の指標となり得るが、絶対的な値かどうか検証が必要である。

2-3-3 統計的手法による蒸し度判定

蒸し度の判定には、1つ或いは2つの情報では十分蒸し度との相関が得られなかった。所望する蒸し度に対する絶対値的な指標は定義することが難しいと思われた。そこで、より多くの情報から蒸し度を判定するように、統計的手法で蒸し度を判定できないか試みた。



既知のデータから蒸し度に対する判定を学習させ、それを未知のサンプルに適用する方法を試みた。

用意された幾つかの画像のセットから得られた蒸し度の判別率は、いずれも高い値を得た。

データセットB の結果(n=20枚)

蒸し度	浅蒸し側	適蒸し	深蒸し側
判別率	95%	75%	85%

データセットC の結果(n=24枚)

蒸し度	浅蒸し側	適蒸し	深蒸し側
判別率	85%	79%	100%

データセットD の結果(n=80枚)

蒸し度	浅蒸し側	適蒸し	深蒸し側
判別率	82%	64%	98%

統計的手法による蒸し度判定は、その高い判別率以外に、学習により任意の蒸し度を定義できる点で極めて自由度が高い。茶工場により求める蒸し度が異なるので実践的な蒸し度判定の手段として、期待が持てる方法である。

2-4 蒸熱工程制御マニュアルについて

かさ密度から蒸熱に必要な条件設定を求める計算式について、以下の結果を得た。蒸機により、設定値はそれぞれ異なると思われるので、今回の研究開発に供した蒸機に限定した計算式である。

【かさ密度に基づく蒸機の設定】

- ・投入容積 (m³/h) = かさ密度 × (-0.0615) + 2.9093
- ・蒸気流量 (kg/h) = かさ密度 × (-0.137) + 85.86
- ・胴傾斜角度 (°) = かさ密度 × 0.0071 + 3.3464
- ・胴回転数 (rpm) = 胴傾斜角度 × 5.2603 + 19.364
- ・攪拌軸回転数 (rpm) = 胴回転数 × (-2.7089) + 498.54

本事業では、蒸熱工程における蒸し度の判定とそれに伴う修正制御技術の確立には至らなかったが、制御手順として一連の流れを示す。

- [1] 生葉流量計上でステレオカメラによるかさ密度測定
- [2] かさ密度に基づく設定 (上式参照)
- [3] コンベヤ上の生葉画像を解析し、生葉情報を取得・数値化して蒸熱条件を補正
- [4] 蒸機直後 (冷却機直前) の蒸葉撮影 (オンライン上の固定カメラ)

[5] 所望する蒸し度を定義

[6] 蒸し度判定用の学習

[7] 蒸し度判定（統計的手法による蒸し度判定方法）

- ・かさ密度から得た胴傾斜角度設定値、 $\pm 1^\circ$ で蒸葉特徴モデル取得。
初期の設定値付近で、蒸機の設定を維持

または、

- ・稼働初期に、人間による適蒸しを判定する。
胴傾斜角度設定値、 $\pm 1^\circ$ で蒸葉特徴モデル取得。
適蒸し付近で蒸機の設定を維持

[8] 修正：適蒸し状態の特徴量（移動平均値等）が、適蒸しから逸脱の傾向を検知すると、蒸しを修正する方向に胴傾斜を操作、または、異常値に対する警報。かさ密度等の変化傾向（移動平均）も見ながら、蒸機設定を変更。

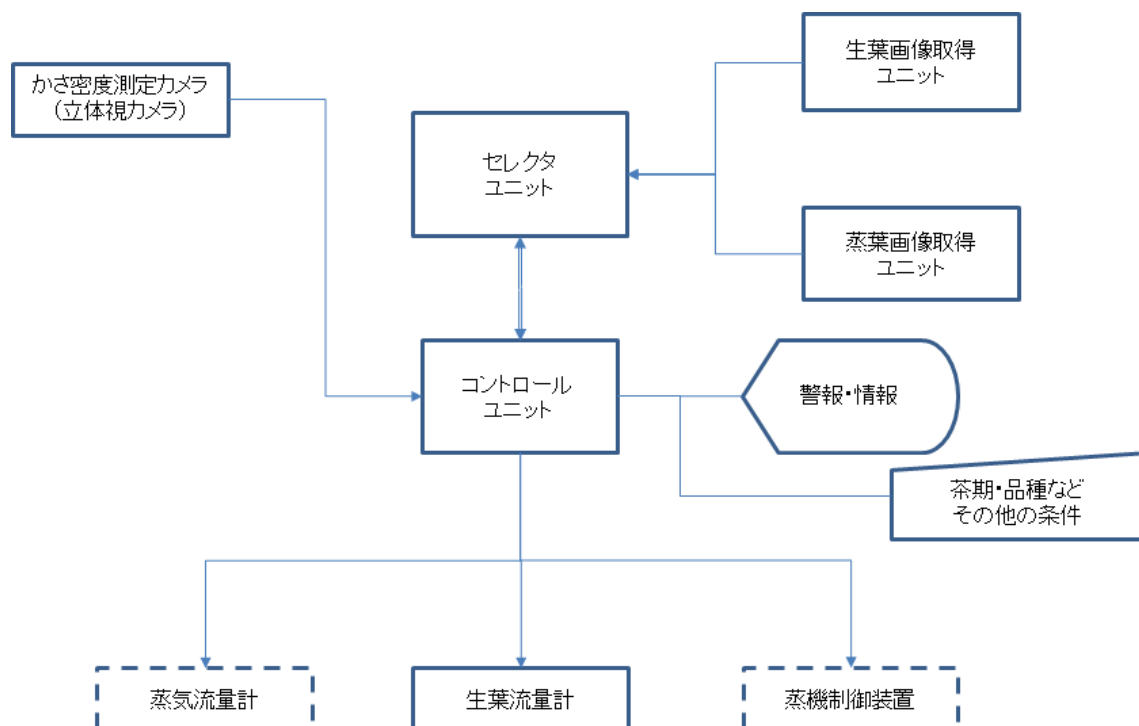
適蒸しをピンポイントで捉える技術は、難度が高いと考える。従って、異常な蒸し状態を捕捉して、警報もしくは修正するのが、第一に目指す技術と考える。

現時点までの成果から、蒸葉特徴モデルのデータを蓄積することで、製茶工場（産地、生産者）単位に蒸熱条件をカスタマイズすることも可能と考えられる（年、茶期、製茶日、品種や圃場などとともに特徴量を記録する）。

工場独自の「適蒸し」を学習させることになるが、産地として、例えば宇治煎茶の品質向上（産地としての品質向上）を目的とすれば、産地特有の蒸葉特徴モデルを取得して、蒸熱工程を制御する必要もあると考えられる。

2-5 蒸熱工程制御統合システムの作成

本事業期間中では、蒸し度の判定に基づく修正制御の実装を行う事は出来なかった。そのため価格面も含めたシステムの製作も断念せざるを得なかった。しかしながら、制御を含めた統合制御システムの構成を検討したので以下に示す。



今回の装置では、蒸機及び蒸気流量制御について、手動となっていたが、これらも統合して制御する必要がある。

今回、計測システムとしては統合出来たが、制御出力などの制御実装ができなかった。また、センサや画像取得装置、コントローラなど、価格面の検討も必要である。

今回の画像処理によるデータ取得は、そのデータ量及び解析にかかるCPUの負荷などこれまでの製茶制御装置とは異なる点の考慮も必要である。これらの検討事項を踏まえ装置の実現を図る必要がある。



第3章 全体総括

安価な蒸熱制御装置の提供というところまで達成できなかったが、蒸熱工程に係る情報取得とそれに基づく判断という点で多くの知見を得ることが出来た。

かさ密度のオンライン計測という点で、両眼立体視カメラの利用は実装の安易さと精度を両立できる有望な手法である。茶生葉のかさ密度計測への利用は実機への早期実装が期待できる。また、製茶機械は、茶葉の体積を基準に設計されている。これまで体積を有効に測定する装置が無かったため、重量による投入基準となっていたが、体積測定が実現すると体積基準の投入設定が可能になり、製茶機械により適した量の茶葉を投入でき、製茶品質の向上が期待できる。

給葉機でのかさ密度計測も、実装という点では容易に出来るので、充填法によるかさ密度の計測値とは異なる値になるものの、かさ密度の変化を捉える事は可能である。この場合の利用として、例えば萎凋によりかさ密度が変化したことを捉えると、蒸熱設定の変更など茶葉の性状変化による蒸熱の変更が可能になる。

蒸し度判定については、統計的手法により、現状（所望する蒸し度）の学習とそこからのズレを捉えるだけでも、十分有用性が期待できる。判別率向上のためにさらに研究を進めたい課題である。

試験研究では、被写界深度の深いスキャナで精度の高い画像を取得したが、価格面でより汎用的な画像取得装置（カメラ）の選定と、画像の精度の評価などを研究し、安価なシステムづくりへの基礎データを得たい。

かさ密度に基づく蒸熱条件設定は、蒸機の高さやどの程度の蒸し度で運用するかによって、導出式が異なることが予想される。これらの基礎データについても更に知見を深めたい。

事業期間中、時間的な制限や実装に現実的でない理由から深く追求できず、本稿では記載しなかったが、興味深いデータも得られている。複雑な蒸熱工程について、少しずつでも解明に繋がるよう、今回の試験研究結果を役立てていきたい。