

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K06309

研究課題名(和文) 海外味覚審査と多感覚器分析システムを利用した日本産農産物の味覚評価推定方法の開発

研究課題名(英文) Development of a taste evaluation estimation method for Japanese agricultural products using overseas taste judging and a multisensory instrumental analysis system

研究代表者

柏崎 勝 (Kashiwazaki, Masaru)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：00282385

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：新型コロナウイルス感染症およびウクライナ侵攻のため、2020年度以降国際味覚審査を断念した。2019年度以前のイチゴおよび果汁100%ジュースの味覚審査および呈味成分および多感覚器分析データで味覚評価推定方法を作成した。審査項目の甘味はBrix、果糖、砂糖と、酸味はリンゴ酸と正の相関が高かった。甘みは味覚センサー3種類、酸味は7種類全センサーと関係性が高く、決定係数0.96以上の味覚推定モデルを開発できた。嗅覚分析では官能スコアと相関の高い揮発性成分ピークを抽出し、イチゴ品種別の香りの特長を表現するフィンガープリントを開発、審査項目である香りの推定モデルを開発し、決定係数は0.6であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、日本産イチゴを対象に海外第三者味覚審査機関に依頼してその味覚データを得、出品した試料と同じ来歴の試料について輸送前後の品質データおよび官能データを得て、味覚審査を推定する味覚推定方法の構築と推定モデルの作成およびその推定精度の把握を計画した。味覚審査事態は新型コロナのため実施できなかったが、過去の審査データおよび海外輸送を想定した貯蔵試験の結果を用い、味覚審査を想定したモデルの作成を行った。モデルの検証は十分でないが、日本産イチゴのイメージや情報が無い地域への輸出展開を想定する際の現地での反応を推定する方法として社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Due to the new corona infection and the invasion of Ukraine, the international taste assessment was abandoned after 2020. A taste assessment and taste composition and multisensory instrumental analysis data for strawberry and 100% fruit juice prior to 2019 were used to develop a taste evaluation estimation method. The screening items sweetness was positively correlated with Brix, fructose and sugar, while acidity was positively correlated with malic acid. A taste estimation model with a coefficient of determination of 0.96 or higher was developed for sweetness, with a high relationship with three taste sensors and with all seven sensors for acidity. In olfactory analysis, volatile component peaks with high correlation to sensory scores were extracted, fingerprints were developed to express the aroma characteristics of each strawberry variety, and an estimation model was developed for the judging item, aroma, with a coefficient of determination of 0.6.

研究分野：ポストハーベスト

キーワード：イチゴ 味覚審査 官能評価 呈味成分 揮発性成分 味覚推定モデル

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究申請者はこれまで日本産完熟イチゴの高品質輸出技術開発を継続的に行い、輸出したイチゴ品質について現地での品質評価および食味評価、特に第三者による評価が重要と考え、EU 域内の有名シェフが審査員(1品当り 25~30 名で審査)である、国際味覚審査機構(iTQi : International Taste & Quality Institute : ベルギー)が実施する優秀味覚賞(SUPERIOR TASTE AWARD)へ出品した。2015 年以降継続的に実施し、2016 年、2017 年および 2018 年は最高評価である優秀味覚賞三ツ星を 3 年連続受賞し、青果物として世界で初めて Crystal Taste Award を受賞した。ここで重要なのは、EU 域内での味覚審査の評価項目およびその評価結果である。評価項目は、First Impression、Vision、Smell(現在は Olfaction)、Texture、Taste および Final Mark である(図 4 参照)。それぞれの評価項目に於ける評価尺度等の詳細は不明であるが、審査員の主観的評価を数値化していると考えられる。

この味覚審査の仕組みを利用し、特性の異なる複数品種のイチゴを出品してそれぞれの味覚審査結果を得、出品したものと同一サンプル集団のイチゴについて、呈味成分分析、物性分析、味覚分析および香り分析を行い、食味審査結果との関係性から EU 圏シェフの味覚推定システムを考案した。過去 3 年間の出品実績では、味覚分析および香り分析データに対応できていなかったが、それぞれの分析システムが導入され多感覚器分析システムとしてデータ取得が可能になった。味覚審査を推定する本研究申請に至った。

また、果実の糖度の非破壊推定に関する研究事例は数多く存在するが、非破壊評価手法で味覚評価を推定する研究事例は国内外に見当たらない。さらに、海外であるが食の専門家の味覚評価データを活用する研究自体、他に類を見ないと考えている。さらに、果実の物性(食感)および芳香特性を加味した取組は、先進的且つ野心的な研究と考えている。

2. 研究の目的

本申請研究では、生鮮食品・農産物の味覚の基盤となる呈味成分と味覚評価データを総合的に把握し、非破壊で味覚評価を推定する方法の開発が目的である。そして、消費者(実需者)に分かり易い仕様で表示し、消費者(実需者)の味の情報を提供する、すなわち生鮮食品や生鮮農産物の味(=価値)を見える化する仕組みの構築を目標とする。本申請研究の研究成果は、生鮮食品や生鮮農産物の価値を見える化する仕組みの基盤技術である。

本申請研究は、前回の基盤研究(C)(平成 28 年~30 年)の研究成果である、イチゴ表皮系組織の物理的性質・分光特性・品質特性、そして物理的損傷発生メカニズムの局所的且つ経時的解析から損傷発生から品質劣化を生じるメカニズムの物理的・光学的・生物学的特性(損傷耐性)の把握を基盤とする。これらの成果に、目視では判別不可能な損傷したイチゴを検出することが可能な損傷検査システム、海外食味審査で優秀味覚賞を受賞することが可能な超高品質流通技術の研究成果を効果的に活用・発展させ、平成 29 年度に新規導入した人間の味覚・嗅覚・視覚の数値化が可能な多感覚器分析システム(味覚・嗅覚・視覚が全て揃って導入された国内唯一の教育研究機関)を投入し、生鮮食品・農産物の味覚の基盤となる呈味成分と海外の味覚の第三者評価データとの関係性を解明する。そして、非破壊で味覚評価を推定する方法の開発を目指す。本申請研究は、海外の食味審査結果の利用(食の専門家による第三者評価)や先進的な呈味成分分析、人間を代替する多感覚器分析、および生鮮農産物のワイドレンジな分光特性などのデータを総合的に解析し、人間の味覚を非接触で推定する方法の開発を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、国際的な味覚の第三者評価データの取得および呈味成分の把握を目的に、農産物の輸出試験を実施するとともに国際的な第三者評価による味覚評価データを取得し、味覚審査に出品した農産物について呈味成分分析や香り、外観、食感(咀嚼時の物性)等人間の味覚を刺激する要因について把握する。味覚の第三者評価機関として、国際味覚審査機構(iTQi : International Taste & Quality Institute、ベルギー)が実施する優秀味覚賞(SUPERIOR TASTE AWARD)への出品を想定する。この味覚審査の選定理由として、生鮮農産物も味覚審査対象の対象となること、EU 域内各国の調理師協会が推薦する有名シェフが審査員であり、審査 1 品目当たり 25~30 名が担当するという厳しい審査であること、評価項目が First Impression、Vision、Olfaction、Texture、Taste および Final Mark と食に関する人間の感覚、すなわち視覚・嗅覚・触覚・味覚の全てで審査データを取得する。

取得した味覚評価データと果実表面の可視光データや近赤外データ、そして呈味成分データを基盤に、多感覚器分析システムによる味覚・視覚・嗅覚の評価データを加え、非破壊味覚推定方法を開発する。しかし、海外味覚審査機関への出品が新型コロナウイルス感染症のため実施できなくなったため、過去に行った審査結果と呈味成分データ、官能データから官能評価の推定モデルを作成した。

4. 研究成果

本研究は当初 2019 年度から 3 年間で計画し、海外味覚審査に 2～3 回出品して審査データを取得する計画であった。しかし、2020 年 1 月以降味覚審査出品を予定していた EU 圏で新型コロナウイルス感染症が爆発的に拡大し、人の移動や物流が大きく制限される事態となった。味覚審査事務局から審査開催時期(例年 5 月初～中旬)に移動制限が発令される可能性の連絡を受け、出品を取り止める事態に至った。2021 年度は移動制限が徐々に緩和される見通しであったが、物流が大きく混乱しているため生鮮食品の品質維持は不可能と判断した。このような理由から本研究は 2 年間の延長が認められ出品の機会を探っていたが、2022 年度は物流混乱が徐々に安定化した海外への輸送コストが高騰し(申請時の 3～5 倍)、現地試験に必要な最小限の人員の旅費も 2 倍以上必要であったため断念し、海外輸送を想定した貯蔵試験および 2019 年までに実施した研究データを再利用して本研究を実施した。なお、本研究で取得することを予定していたデータが取得できていないため、味覚推定モデルの内容を変更せざるを得なくなった。

本研究での実施を計画していた海外に於ける第三者味覚評価についてこれまでに実施し評価結果を得たデータを活用し味覚推定モデルを作成し評価した。味覚審査の依頼先は国際味覚審査機構(iTi: International Taste Institute, 旧 iTQi, Brussels)である。評価対象は Drink と Food に分かれ、Food の日程で出品可能な日本産果実は限られてしまい、これまでの経験ではイチゴ以外は時期的に困難と判断した。そこで、日本産果実 100%のナチュラルジュース(濃縮還元でない)、保存料および酸化防止剤などの食品添加物を一切使わず、さらに原料果実の生産者が GLOBALG.A.P.認証を既に取得している条件で協力者を探し、3 種類のナチュラルジュースを出品した。iTti 評価時には国内で使用している実験装置を現地に持ち込むことができないため、出品前の 2019 年 4 月に日本産イチゴを収穫当日に多感覚器分析システムによる外観・味・香りの分析を行った後、フランスへ輸送し、同機器を所有する AplhaMOS 社の協力を得て現地での同システムによる分析を行い、フランス輸送による品質変化を把握すると同時に、現地で購入したイチゴについても同様の分析および官能評価を実施し日本産イチゴとの比較試験を行った。

当初の計画では、輸送前の日本で多感覚器分析システムでの分析を実施し、輸送後はフランスの同型機種を用いて輸送後の分析を実施し、輸送前後の比較を行う予定だったが、結果を精査したところ、機器間によるデータの差が大きいことが分かり、輸送前後の評価は成分分析値及び官能評価結果のみ検討することとした。結果については課題 3 のイチゴの貯蔵実験と重複するが、iTti 出品製品となるフレッシュ入りイチゴは、輸送前後で重量変化は 1～1.5%程度の減少に抑えられており、有機酸含有量がやや低下していたが、糖成分については輸送前と変化は見られず、官能評価スコアにおいても硬さ以外の項目は全てスコア 4 以上となっており(収穫時を 5 とし 1～5 の 5 段階評価)、特に「傷み」については 4.75 ± 0.39 と非常に高いスコアとなっており、航空機輸送を経ても損傷がなく、収穫から 7 日経過しても収穫時と同等の品質を保つことができていることが確認された(図 1 および図 2 参照)。

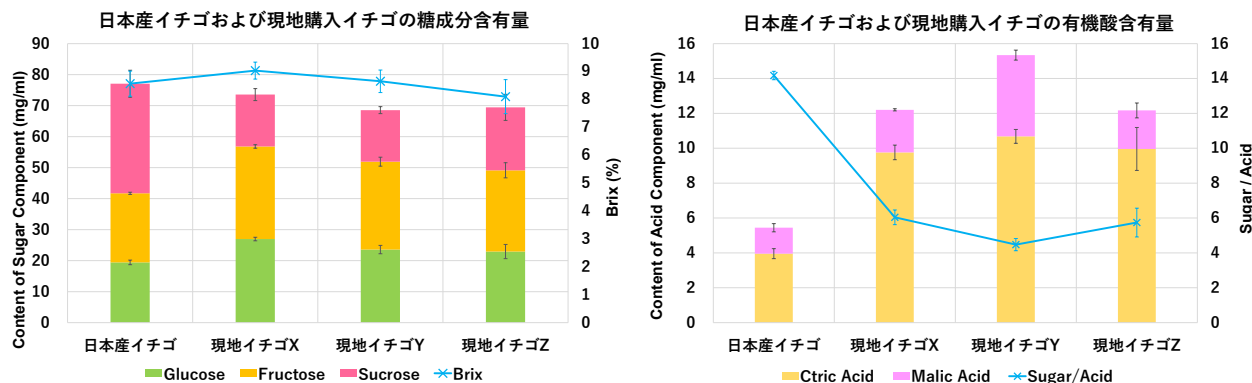


図 1 日本産イチゴ(スカイベリー)と現地購入イチゴの呈味成分分析値の比較

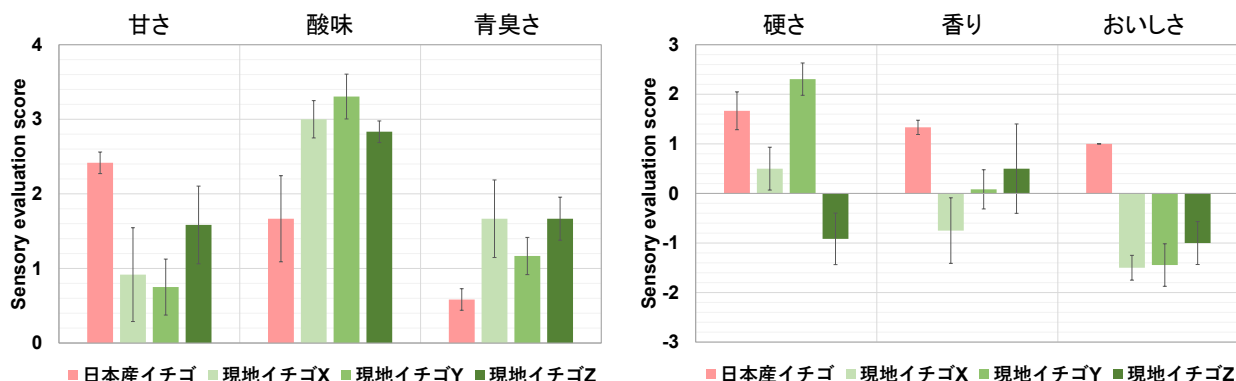


図 2 日本産イチゴ(スカイベリー)と現地購入イチゴの官能評価スコア(パネル平均値)の比較

表 1 日本産(イチゴ)スカイベリーと現地購入イチゴの官能評価におけるパネルごとの評価項目間の相関

Panel1	甘さ	酸味	青臭さ	硬さ	香り	おいしさ	Panel3	甘さ	酸味	青臭さ	硬さ	香り	おいしさ
甘さ	-						甘さ	-					
酸味	-0.32	-					酸味	-0.40	-				
青臭さ	-0.72 *	0.30	-				青臭さ	-0.40	0.39	-			
硬さ	-0.45	0.04	0.33	-			硬さ	-0.04	-0.08	-0.26	-		
香り	0.84 *	-0.28	-0.80 *	-0.60 *	-		香り	0.48 *	-0.55 *	-0.38	0.22	-	
おいしさ	0.84 *	-0.34	-0.80 *	-0.52 *	0.93 *	-	おいしさ	0.52 *	-0.54 *	-0.83 *	0.35	0.78 *	-
Panel2	甘さ	酸味	青臭さ	硬さ	香り	おいしさ	Panel4	甘さ	酸味	青臭さ	硬さ	香り	おいしさ
甘さ	-						甘さ	-					
酸味	-0.53 *	-					酸味	-0.83 *	-				
青臭さ	-0.55 *	0.40	-				青臭さ	0.26	-0.43	-			
硬さ	-0.28	0.34	-0.24	-			硬さ	-0.23	0.30	-0.49 *	-		
香り	0.77 *	-0.60 *	-0.60 *	-0.29	-		香り	0.15	-0.09	-0.19	0.05	-	
おいしさ	0.81 *	-0.62 *	-0.77 *	-0.09	0.70 *	-	おいしさ	0.74 *	-0.66 *	0.03	0.18	0.08	-

また、パネル毎に官能評価スコアを精査したところ、Panel1：おいしさと酸味の相関がなく、香りとの相関がもっとも強い、Panel2：おいしさに甘さ、酸味、香りの相関が強い、Panel3：香りとおいしさの相関が最も強い、Panel4：香りとおいしさに相関がない、という傾向が見られ、パネルによっておいしさの要因は異なることが明らかとなった(表 1)。

多感覚器分析システムの味覚(ASTREE)センサー出力値と官能評価スコアとの相関について表 2 に示した。これはパネル平均および各パネル別に示したものである。パネル平均ではセンサーとの相関が低い、パネル別では各センサーとの相関の傾向が異なっていた。そこでパネル毎に ASTREE のセンサー出力値を用いて、PLSR

表 2 ASTREE センサー出力値と官能評価スコア

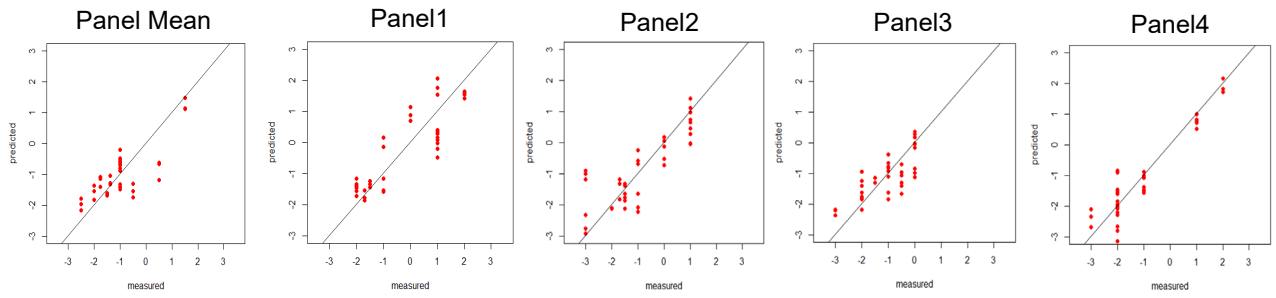
Panel	官能	AHS	PKS	CTS	NMS	CPS	ANS	SCS
Mean	甘さ	0.04	0.14	0.04	0.00	0.38	0.01	-0.07
	酸味	-0.06	-0.13	0.01	-0.14	-0.23	-0.07	0.17
	青臭さ	-0.29	-0.27	-0.13	-0.04	-0.19	-0.19	-0.48
	硬さ	0.10	0.05	0.03	-0.19	0.00	0.10	0.06
	香り	0.07	0.10	0.22	-0.22	0.18	-0.03	0.21
	おいしさ	0.17	0.26	0.05	-0.10	0.45	0.09	0.10
Panel.1	甘さ	0.82	0.85	0.14	0.73	0.61	0.81	0.28
	酸味	-0.58	-0.53	-0.20	-0.42	-0.20	-0.66	-0.12
	青臭さ	-0.57	-0.59	-0.10	-0.74	-0.43	-0.58	-0.15
	硬さ	-0.21	-0.21	0.00	-0.27	0.00	-0.18	-0.27
	香り	0.69	0.69	0.13	0.68	0.45	0.66	0.30
	おいしさ	0.83	0.84	0.30	0.65	0.60	0.80	0.16
Panel.2	甘さ	0.34	0.35	0.01	0.56	0.31	0.33	0.05
	酸味	-0.59	-0.61	0.00	-0.72	-0.41	-0.62	-0.17
	青臭さ	0.07	0.03	0.26	-0.33	-0.11	0.05	0.04
	硬さ	-0.13	-0.12	-0.05	-0.19	0.00	-0.07	-0.22
	香り	0.18	0.20	-0.04	0.35	0.26	0.15	0.02
	おいしさ	0.32	0.35	-0.10	0.63	0.30	0.33	0.13
Panel.3	甘さ	0.44	0.42	0.25	0.11	0.40	0.37	0.21
	酸味	-0.59	-0.67	0.06	-0.59	-0.65	-0.58	-0.07
	青臭さ	-0.40	-0.36	-0.09	-0.12	-0.19	-0.42	-0.21
	硬さ	-0.09	-0.08	0.12	-0.22	0.07	-0.04	-0.39
	香り	0.10	0.13	-0.20	0.22	0.22	0.09	0.03
	おいしさ	0.31	0.32	-0.04	0.11	0.32	0.30	0.11
Panel.4	甘さ	0.43	0.45	-0.05	0.75	0.33	0.45	0.19
	酸味	-0.28	-0.29	0.30	-0.80	-0.09	-0.33	-0.21
	青臭さ	0.09	0.08	-0.12	0.29	-0.06	0.12	0.22
	硬さ	0.42	0.40	0.31	-0.17	0.38	0.40	0.00
	香り	-0.30	-0.38	-0.04	-0.11	-0.34	-0.26	0.00
	おいしさ	0.50	0.57	-0.17	0.75	0.51	0.54	0.07

による各官能評価項目スコアの予測モデルを作成した。図 3 はパネル平均および各パネル毎の「おいしさ」の予測モデルである。パネル平均ではモデルの精度が低かったが、パネルによっては予測精度の比較的高いモデルが作成可能なものもあった。ただ、パネル全員に対して必ずしも良好なモデルが作成できたとはいえず、さらに精度を上げるためには、個人ベースでのおいしさ要因を解明し、官能評価手法の最適化や、ASTREE だけでなく、各成分分析値や HERACLES II のデータ等を用いてモデルを作成するなどの検討も必要である。

海外第三者味覚評価機関(iTi：国際味覚審査機構：ベルギー)の審査結果について述べる。

果汁 100%ナチュラルジュース 3 種類について Drink 部門における味覚評価結果を表 5 に示す。Vision(外観)が比較的高い評価であるが、Olfaction(香り)と Taste(味)が低い傾向にあり、3 種類とも Final Sensation(最終感覚)が大きく低下した。3 種類とも Total Score が 90 ポイントに達せず、優秀味覚賞二つ星であった。

Food 部門へは 2 品種 3 種類のイチゴを出品した。味覚評価結果を表 3 に示す。Kanjuku Ichigo と Scarlet は同一圃場で栽培された同じ品種であるが、収穫基準が異なる。Vision と Olfaction に差があり、Texture が逆転しているが、Taste は同じ値である。また、Kanjuku Ichigo は Vision が優れ、Sunsun ichigo は Texture が優れていると評価されている。この情報だけでは統計的な有意差などを判断できないが、それぞれのイチゴの外観、香り、味、食感の特性を把握し評価値との関係を精査することによって iTi 味覚評価の推定方法の開発につながる。



Panel	モデル	潜在変数	R ² c _v	SECV	R ² c _{al}	SEC	Loading of LV1						
							AHS	PKS	CTS	NMS	CPS	ANS	SCS
Mean	おいしさ	4	0.53	0.47	0.66	0.33	0.57	0.60	0.42	0.30	0.57	0.57	0.23
Panel.1	おいしさ	7	0.86	0.29	0.92	0.17	0.46	0.48	0.27	0.32	0.40	0.47	0.16
Panel.2	おいしさ	7	0.56	0.82	0.70	0.55	0.49	0.51	0.20	0.45	0.43	0.51	0.19
Panel.3	おいしさ	7	0.40	0.49	0.60	0.33	0.49	0.51	0.27	0.33	0.43	0.49	0.18
Panel.4	おいしさ	7	0.82	0.37	0.88	0.24	0.48	0.51	0.21	0.42	0.43	0.50	0.16

図 3 ASTREE センサー出力値による「おいしさ」モデル(PLSR)

国際味覚審査機構(iTi)に出品したリンゴジュース市販品 13 種(ストレート品、濃縮還元品)を供試して、官能評価(嗜好的パネル 34 名: 20~60 台男女、評価項目: 香り、甘味、酸味、おいしさ)、多感覚器分析、理化学分析(糖、有機酸)により多角的なリンゴジュースの味覚について解析を行った。官能評価の結果からは、濃縮還元品は、甘味と酸味の強度が同じ程度であったがストレートジュースでは、甘味がより強いもの、酸味がより強いものと試料ごとの特徴がみられ、糖と有機酸の含量でも特徴の差が見られた(図 4)。国際味覚審査機構(iTi)三ツ星官能評価三ツ星品、二ツ星評価品については官能評価でも、甘味と酸味おいしさの評価で差が見られ、多感覚器データ主成分分析結果でも特徴の差が見られた。おいしさでは、やはり三ツ星品がもっとも評価が高く、国際味覚審査機構(iTi)が消費者層にも納得できる指標であることが考えられる。また多感覚器分析(味覚)、理化学分析値を用いた多変量解析により官能評価の推定を行った。酸味、甘味の強度については理化学分析値および多感覚器分析値により推定ができそうであった。パネルのおいしさ(平均値)についてモデル化はできず、個人ごとの嗜好性(甘いほうが好き、酸味があるほうが好き等)を評価することの必要性が示唆された。

表 3 iTi2019 日本産イチゴの味覚審査結果

Product Name	Sensory Analysis Results					
	Total Score	First Impression	Vision	Olfaction	Taste	Texture
Kanjuku Ichigo	91	95	98	86	82	83
Scarlet	88.8	93	91	82	82	87
Sunsun-ichigo	90.4	92	91	83	88	94

International Taste Institute, Brussels 2019

Kanjuku Ichigo : Utsunomiya Univ.

Scarlet : Kobayashi Strawberry Farm

Sunsun-ichigo : Sun Sun en. Co., Ltd.



International Taste Institute

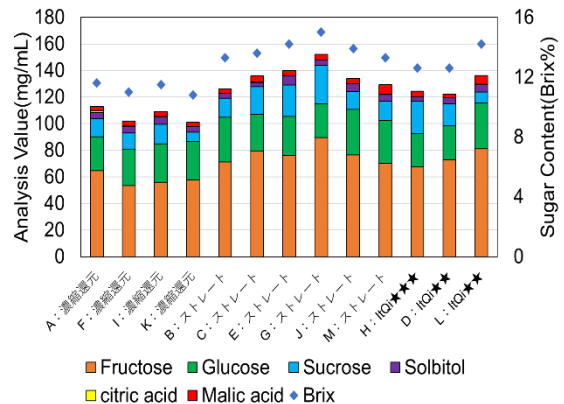
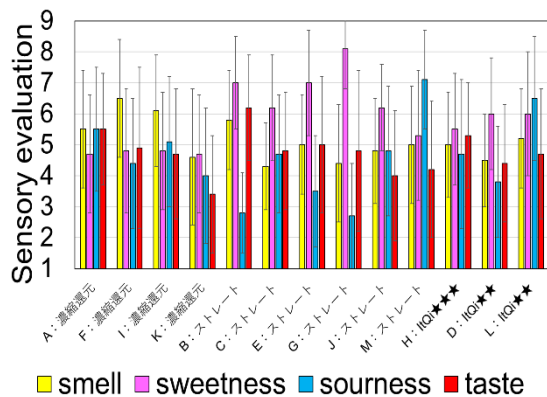


図 4 リンゴジュースの分析結果(左: 官能評価、成分分析値)

本研究の当初計画では、研究期間中に複数回の海外味覚審査、現地品質評価試験を行い、味覚審査推定モデルの作成を目的としたが、新型コロナウイルス感染症のため、計画の殆どが実施できず、過去の味覚審査や海外輸送試験データを代替利用して、当初計画に近い研究成果を得ることを目指した。物流の大混乱や流通コストの高騰など、想定外の事態も生じ、当初計画からかなり変更した研究成果としてまとめざるを得ないことは非常に残念である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------