

第6回 「農業と企業」研究会

農業での自動化ロボットの開発について

農家の高齢化と減少、農山村の荒廃、農業総産出額の減少、国際競争力の低下など日本の農業にはこうした問題が山積しているとされます。政府は規制改革を一層進め、また、ロボット、IoT、ビッグデータなどを駆使して、スマート農業を切り開こうとしている企業も増えてきています。転換期を迎え新たな関係を築こうとしている「農業と企業」。2017年度から「農業と企業」に関心の高い、企業、大学、行政の有識者、研究者による「農業と企業」研究会（座長：生源寺眞一 福島大学 教授・食農学類長）を立上げ、企業の先駆的な取り組み事例と今後の農業の在り方について、研究をすすめています。

第6回研究会（2019年5月9日開催）では、農業での自動化ロボットの開発・導入を進める、立命館大学工学部教授深尾隆則氏、神奈川県農業技術センター生産技術部主任研究員柴田健一郎氏、農業生産法人有限会社会長福原昭一氏に講演いただき、質疑応答・意見交換を行いましたので、以下の通り報告いたします。

公益財団法人中部圏社会経済研究所企画調査部部長 今村 諭司

「農業の自動化・ロボット化開発」

立命館大学工学部電気電子工学科

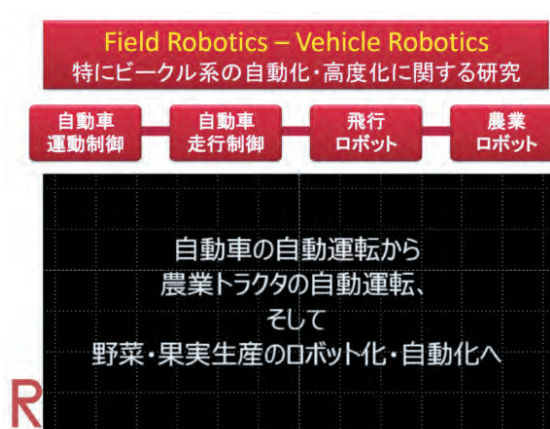
教授 深尾 隆則 氏



1994年3月 京都大学大学院工学研究科応用システム科学 専攻 修士課程 修了
 1996年11月 京都大学大学院工学研究科応用システム科学 専攻 助手
 2004年4月 神戸大学工学部機械工学科 助教授
 2015年4月 立命館大学工学部電気電子工学科 教授

私は航空工学、飛行機、宇宙系から制御理論が専門で飛行船、自動車の自動運転なども研究してきました。10年前からは、農業の自動化・ロボット化に取り組んでいます。

1. 自動車の自動運転から農業ロボットへ



自動車の自動運転の研究開発を、株式会社デンソーと15年前から進めています。自動駐車、自動の最短経路走行、自動での事故の緊急回避など多岐の研究開発に携わってきました。現在は、農業用ロボットの開発も進めています。自動車の自動運転の開発において、山間地の凍結路面で自動運転の実証実験を実施し、6～7年前には可能になりました。このように自動運転の技術には、農業の自動化にも役立つ技術がたくさんあります。農機具メーカーが開発に苦労していることが、自動車の自動運転では先に解決されているからです。

例えば、レーザーによる自己位置推定、環境認識などです。また自動車での悪路走行の研究開発は、農業の自動走行、ロボット化に活かせる技術がたくさんあります。

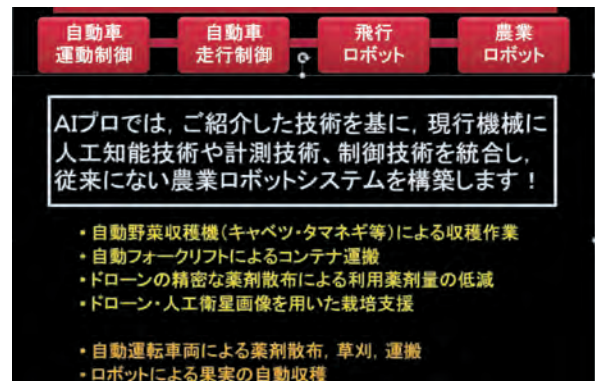
2. 自動運転の農業への応用

北海道のJAXA（国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）と飛行船の自動飛行、強風下での自動離着陸を共同開発し、10年前に完了しました。農業のロボット化を考えたきっかけは、その時に酪農地帯で高齢化が進み、農家も急減して、夜10時までトラクターが複数台で作業している現場をつぶさに見てきたからです。

このような経緯から、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、「農研機構」）と自動運転のトラクターの開発を始めました。最新技術では、RTK-GNSS（Real Time Kinematic Global Navigation Satellite Systems）を使用して最大3cm、平均1cmの誤差で制御できるところまでできています。間隔が狭い道路での走行、極端に荒れた路面での直進走行ができる技術が進んでいます。また、野菜の収穫ロボットの開発にも、農研機構から委託を受けて、4年前から取り組んでいます。

果樹については、ヤマハ株式会社（以下、「ヤマハ」）との共同研究で、バギーの自動化、果樹園での運搬などを行い、現在は野菜同様に農研機構から委託を受けて、草刈りや農薬の自動散布、自動収穫などを行っています。

農研機構が2016年から5年間の予定で、野菜生産の労働ピーク軽減化と果実生産の省力化の研究開発を実施しています。



これは、2年前から「人工知能未来農業創造プロジェクト（AIプロ）」に名前が変更されました。その中で、露地野菜の集荷までのロボット化・自動化の研究代表と、果実生産のロボット化のサブリーダー（機械グループ）を務めています。果実生産の省力化、とりわけ収穫作業のロボット化は、作業が複雑でロボットも高額になります。かなりハードルが高いと感じていましたが、そんな中で、神奈川県農業技術センター（以下、「農技センター」）が開発した果実のジョイント栽培に出会いました。「これなら自動で簡単に取れるかな」と考えて、農技センターと共同開発を進めています。

3. 露地野菜の集荷までのロボット化・自動化による省力体系の構築

キャベツの自動収穫機を、ブロッコリーや白菜、タマネギにも使えないかと考えて、開発を進めています。また、自動収穫から自動収納、さらにコンテナへの搭載も自動で行うための開発を進めています。豊田自動織機株式会社（以下、「織機」）は、さらにコンテナのトラックへの自動搬入、集荷場でのフォークリフトによる全自動化にも取り組んでいます。ドローンについては、風が吹くと流されて精密に散布できない課題の解決に向けて、効果的散布による農薬量低減を目指しています。

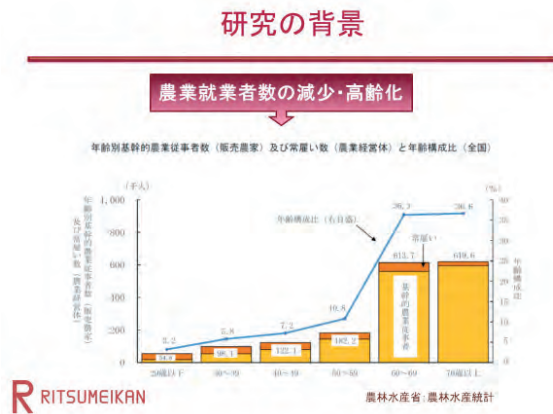
革新的技術開発・緊急展開事業 （うち人工知能未来農業創造プロジェクト）

- 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター（生研支援センター）
- 2017年度～2020年度（4年間）；8年後の商品化
- 園芸 2課題
 - ①野菜生産の労働ピーク軽減化
露地野菜の集荷までのロボット化・自動化による省力体系の構築
研究代表：立命館大学 深尾隆則
 - ②果実生産の大幅な省力化
果実生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の自動化・ロボット化と機械化樹形の開発
研究代表：農研機構 草場新之助

R RITSUMEIKAN（深尾はサブリーダーで機械グループとりまとめ）



4. 自動化の背景



農業の現状について説明します。年齢別の農業従事者をグラフで見ると、50～59歳と60～69歳の間に大きな段差があります。農業従事者は73%が60歳以上であり、若手の農業従事者はとても少ない。10～15年後には、60歳以上の農業従事者の大半はリタイアしますので、日本の農業従事者は急減します。北海道では、この傾向がさらに顕著で、1人当たりの農地を大規模化していくべきですが、人手不足で満足に進みません。

加工・業務用野菜の国産割合はすでに70%で、30%を輸入に頼っています。キャベツは、昨年から

業務用の輸入が開始され、タマネギはすでに40%が輸入品です。輸入品の増加に伴い、食品価格の高騰や食品の深刻な不足が懸念されます。自動化ロボットの商品化は7年後を目標にしていますが、早期化の必要性を痛感しています。

農家が経営規模を大きくしても、所得が思ったように増えないのも課題です。例えば、キャベツ生産では「選別・調整・流通経費」が30%を占めますが、自動化が進まず、規模拡大しても人手が減らせません。負荷の高い収穫時に省人化できれば、作物別に労働時間の平準化もできます。今後を考慮して、高齢者にとって負荷の高い、除草や防除作業を優先して、自動化に取り組んでいます。

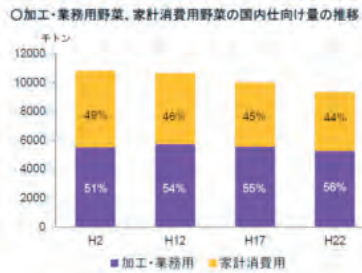
若手や外国人の活用を進めていますが、農作業にはフォークリフトの操縦、野菜の収穫に必要な熟練の技能など、経験が必要な作業がたくさんあります。人手不足に対応するため、機械を購入しても未経験者にはすぐには取り扱いできません。各作業のロボット化だけでなく、それを繋げたシステムの構築をめざした、省力体系の構築を進めています。

立命館大学が中心になり、企業、農研機構、農業協同組合を巻き込んで、「露地野菜生産ロボッ

野菜生産の現状

- ・食の外部化率の高まりとともに、加工・業務用野菜の比率が上昇
- ・加工・業務用野菜の国産割合

➡ 70% (輸入野菜の95%)



資料 農林水産政策研究所



資料 (財)食の安全・安心機構

○加工・業務用需要等に占める国産割合

	2年度	12年度	17年度	22年度
加工・業務用	88%	74%	68%	70%
家計消費用	99.0%	98%	98%	98%

資料 農林水産政策研究所

経営規模と経営コスト

- ・経営規模による農業所得:
キャベツ 1,200万円 (5.6ha), 180万円(1ha)
タマネギ 350万円 (6ha), 80万円(0.7ha)

○野菜作経営 (全国平均、主産地)

品目 (果名)	キャベツ		たまねぎ		トマト(施設)	
	全国平均	群馬県	全国平均	北海道	全国平均	熊本県
農業総収益	3,677	26,634	2,379	15,418	9,091	12,225
農業経営費	2,076	14,702	1,364	11,836	4,787	7,013
農業所得	1,601	12,132	1,015	3,480	4,294	5,210
作付面積(a)	39	500	74	607	35	51

資料 平成19年度産品別経営統計

- ・キャベツの経営費に占める「選別・調整・流通経費」が約3割

○キャベツの農業経営費の内訳



RRI

資料 平成19年度産品別経営統計

ト化コンソーシアム」を構築しています。例えばロボットにとって、収穫・搬送が容易な形状のキャベツを、種苗メーカーのタキイ種苗株式会社が開発しています。種苗会社は、高品質の種を開発してきましたが、現在は「ロボットに良い」との観点でも開発を進めています。

5. キャベツ栽培での自動化

キャベツ栽培の自動化について説明します。キャベツは、納入先の品質基準が厳し過ぎて、見栄えだけで廃棄されてきました。この品質基準を順守

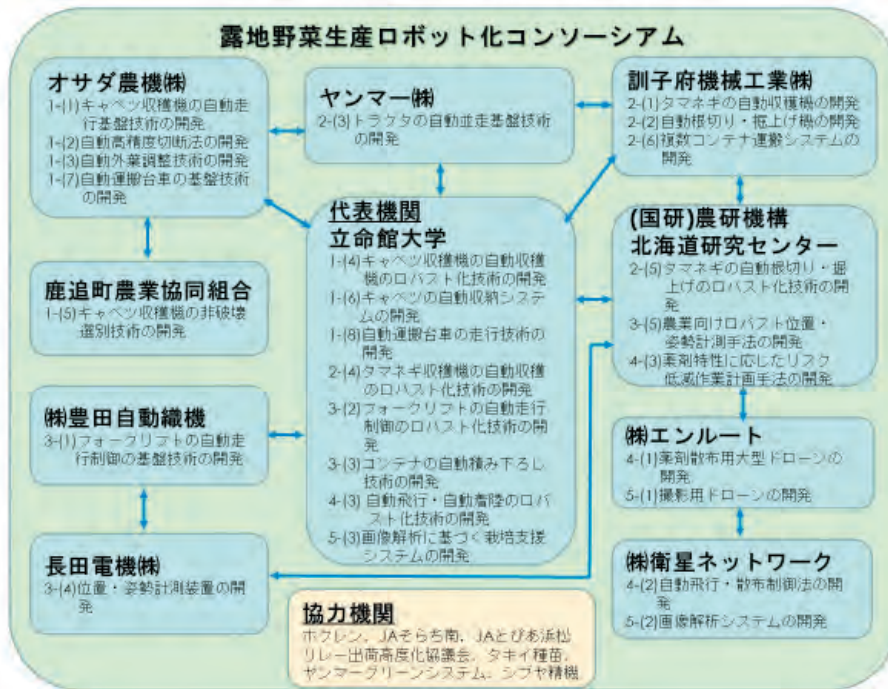
ロボット化・自動化の必要性

- ・経営規模の拡大による経営コスト削減
 - ー 労働集約的作業(除草, 収穫, 運搬, 調製等)の効率化
 - ー 農業等の資材コスト減
- ・規模拡大における問題点(特に地方で)
 - 収穫時の人手不足
 - 作業機械のオペレータ不足

作業のロボット化・自動化による省力体系の構築
 単なるロボットの置き換えではないシステムの構築
 育種・栽培・運搬・経営・流通・販売

R RITSUMEIKAN

するために、人による検査が不可欠になってきています。今後、ロボット化を進めるため、食品衛



キャベツ収穫の現状と自動化後



生上は問題ないが、見栄え不適格なものが流通できるように変更していく必要があります。

キャベツの自動収穫機は、北海道富良野市のオサダ農機株式会社（以下、「オサダ」）が製造しています。日本のロボット工学系の研究室は学外で実証するところは少ないが、海外では屋外実証が進み、アメリカのカーネギーメロン大学が有名です。私はこの大学にいた経験から、実際の環境での制御、人口知能についてもアルゴリズム関係の研究を進めてきました。



ディープラーニングによるキャベツ検出



ディープラーニングを使ったキャベツの検出を行ない、LiDAR(光による検知と測距)を応用しています。現在、キャベツの自動収穫を行なっているのは、北海道鹿追町、滋賀県彦根市です。現在の機械は簡単に操作できないし、約1,000万円と高額ですので、自動化の範囲を広げながら、コスト低減も進めています。

キャベツの自動収穫



1. ディープラーニングによるキャベツ検出
2. 収穫のための経路生成・経路追従制御
3. 土壌面検出
4. 収穫部高さ制御

キャベツ集荷機は、集荷クローラーはヤンマー、上部はオサダが開発しました。北海道鹿追町で開発しています。

コンテナの自動運搬



RITSUMEIKAN

コンテナでの自動運搬も開発しています。現在は遅いですが、今後は速度を上げていきます。RTK-GNSSで位置だけでなく、方位や傾きも把握して、位置精度を上げて車両とコンテナをドッキングさせます。認識をしながら進み、端ではRTK-GNSSで反転します。姿勢を測って、ディープラーニングで油圧で調整までしています。

水田裏作圃場(高畝)での試験



RITSUMEIKAN

協力:フクハラファーム

農業法人フクハラファームには、実証実験に協力頂いています。水田の裏作ですので、高畝(地上15cm盛り上げた畝)になっており、認識が難しいため、カメラを設置し精度を改善しました。

自動フォークリフト



RITSUMEIKAN

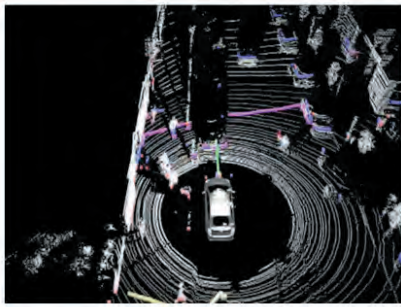
担当:立命館大学
豊田自動織機

フォークリフトは、織機と共同開発しています。フォークは真横には動かせませんが、斜めに動かせないといけません。トラックを認識するのではなく、コンテナを認識して位置決めをおこないます。

6. LiDARの機能と役割

フォークリフトに搭載されたLiDARの発信機

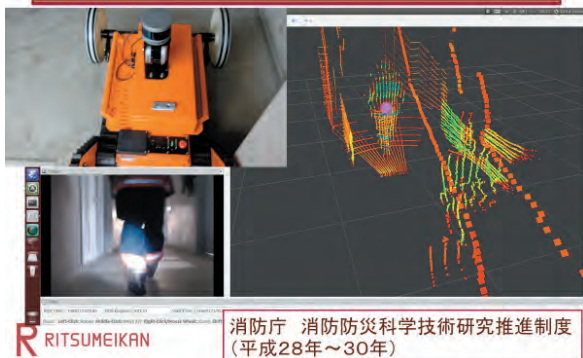
LiDAR (Light Detection And Ranging)



RITSUMEIKAN

が周囲を検知します。複数の線状に認識し、その中で面を見つけたりしています。屋外の実験はRTK-GNSSを使って自己位置を認識し、屋内ではLiDARによるSLAM（自己位置推定と環境地図作成を同時に行うこと）で、自己位置と周辺環境を認識して制御しています。LiDARを回転させ、搭載車両が走行すれば、自動的に3次元の地図が作成できます。自動車の自動運転の実現には、LiDARの貢献が大きいです。線が多く、位置精度が2～7cmと高く、周囲360度を認識できます。LiDARを多く搭載すれば、精度は上がります。従来は、1,000万円と高額でしたが、量産化により、4台で10万円までコストを下げることが、当面の目標とされています。年間に何百万台と生産されれば、1～2万円まで下がると思います。

消防ロボット



RITSUMEIKAN

消防庁 消防防災科学技術研究推進制度 (平成28年～30年)

消防庁から委託されて、消防ロボットを開発しています。消防士は火災現場で重量物を運ぶ必要があり、ロボットが荷物の運搬をできれば、とても有用です。福島の原子力発電所のロボットは、完全自動ではなく操縦していますが、階段の昇降、

滑りやすい場所の走行ができます。現在は、空気ポンペを消防士のために運ぶロボットの開発中です。

7. タマネギの自動収穫



担当: 立命館大学
訓子府機械工業

タマネギの収穫ロボットは、1人が複数台管理しています。北海道の鹿追町では、6台を1人が管理しています。

機上自動選別(夾雑物除去)



・夾雑物(土塊, 雑草など)の自動除去



戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/スマートバイオ産業・農業基盤技術 (2018-2022)
「生産から流通・消費までのデータ連携により最適化を可能とするスマートフードチェーンの構築」
担当: 立命館大学, 北農研, JA鹿追町

土だけを4人で除去します。連続的にできるように、農林水産省（以下、「農水省」）のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第2期、「スマートバイオ産業農業基盤技術」で、昨年からは始めています。

8. 自動運転トラックの開発

スズキ株式会社が、無人運転トラックを開発しています。小型、中型トラックは、北海道だけではなく本州でも自動化のニーズが大きい。大型で

無人運転トラックによる運搬

野菜・米・果実
などの収穫物

無人走行で運搬

スズキ

集荷場・
選果場に

参考：無人運転 (Driverless) の実証試験が
2017年12月から許可され、普通自動車
で公道試験が始まっている。

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期 / スマートバイオ産業・農業基盤技術 (2018-2022)
「生産から流通・消費までのデータ連携により最適化を可能とするスマートフードチェーンの構築」
担当：立命館大学、スズキ、北農研、JA能登町

入れないところが多い場所が多いのが理由です。軽トラックは、積載量の制限が350kgですが、コンテナの運搬などに対応できるように800kgまで可能な車両を開発しています。農道から集荷場まで走れるようにしています。複雑な環境ではなく、自転車、バイクが少ない、北海道で実証を始めて、本州にも展開していきます。

北海道の物流革新が必要
(要請あり)

集荷場・選果場

高速IC・ターミナルまで
(手動 or 自動)

自動隊列走行@高速道路

北海道は、新幹線が通ると貨物の便数が減少し、本州への野菜の物流費が高騰する、という問題を抱えています。現在はフェリーしかないですが、トラックの隊列走行での物流ニーズが高い。自動運転の推進のために、自動運転の邪魔をする人たちに、大きなペナルティーを与えるなどの法規制の整備も必要です。

9. 果樹の樹形開発

果樹の自動収穫を普及させるには、果樹側の研究開発も必要です。果樹は、木や葉の形が千差万別で、ディープラーニングでの学習と、LiDAR

果実生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の自動化・ロボット化と機械化樹形の開発

・薬剤散布
・草刈

レーザーレーザ
で樹を認識

日本の果樹栽培を支える
農業試験場が10か所以上
参加し、ロボット化に適した
樹形・栽培方法を開発

達成目標
労働時間30%以上削減

(国研) 農研機構 生研支援センター
革新的技術開発・緊急展開事業(うち人工知能未来農業創造プロジェクト)

40

での検知をベースにした自動収穫には、ハードルの高いものとなります。果物、枝を傷つけたり、取りそこねたり、収穫に時間がかかったりするのでは、有用ではありません。果樹の自動栽培には、後で詳しく説明がある、ジョイント栽培などの果樹側の開発が不可欠です。枝が同一方向でまとまって果実なるので、第一印象で、「自動で採れる」と感じました。何でもできる機械は、コスト的に成立しません。

果樹園用自動走行車

担当：ヤマハ発動機・オーレック・立命館大学

ジョイント栽培では、自動走行用の道路も整然と作れますので、^{せんてい}剪定、収穫、運搬の一連の作業を自動化できます。

長野県の、リンゴのトールスピンドルシステム(薄い垣根状に密植する栽培)でも、ディープラーニングで木を学習させ、認識できると、ポールは見逃して、木は見つけることができるようになります。収穫は1個をとるのに時間がかかり過ぎるので、運搬だけが対象です。

草刈りは下のところ、アームにも歯がついており、周囲まで草が刈れます。

果樹園内の位置把握



自動走行車

- 草刈機の牽引 ※ジョイント樹以外も
 - 防除機の牽引 ※ジョイント樹以外も
 - 収穫ロボットの牽引
- ディープラーニングによる木の認識とカウント

R RITSUMEIKAN

31

2アーム式 果実自動収穫ロボット



R RITSUMEIKAN

担当: 立命館大学・デンソー

リンゴの自動収穫は、2本のアームのロボットを開発しています。下側にセンサーを付けて、上側から自動で収穫して、実を切り離しています。

トマトの自動収穫ロボットも開発しています。三重県のおさい農園で、実際にトマトの収穫が行われています。

リンゴは、外側が赤く成熟していなくても、皮の内側が緑に熟していれば、味は外側が赤いものと同レベルです。赤くないと売れないので、赤くなるように実を回転させたりしています。ナシは一斉収穫が難しく、センサーで認識して、どの実を収穫したらよいかを、瞬時に判断できます。収穫に良い時期、指定された実をそれだけ採ることもできます。

普及のために重要なことは、コストを考えてい



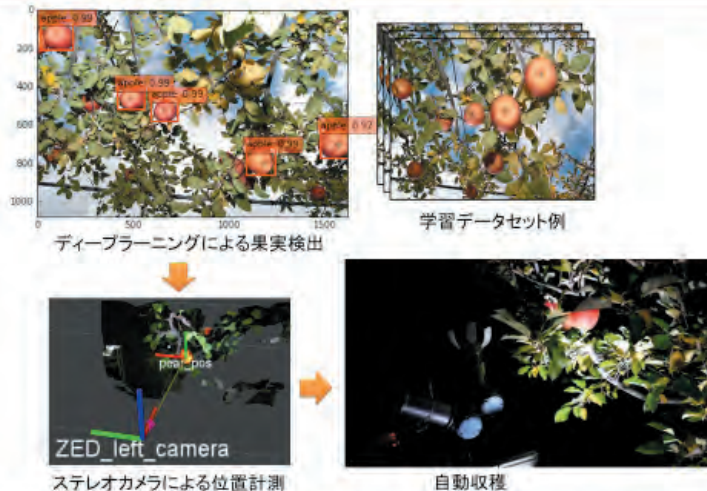
自動走行車

- 草刈機の牽引時の幹の検出と位置の検出
- ※動画は、トールスピンドル樹

R RITSUMEIKAN

収穫は、下から見上げないといけないので光の影響を受けるので、夜間に実証を行ないました。当初は昼間は難しかったのですが、人工知能の開発の進展で、最近は昼間でも実証が可能になりました。

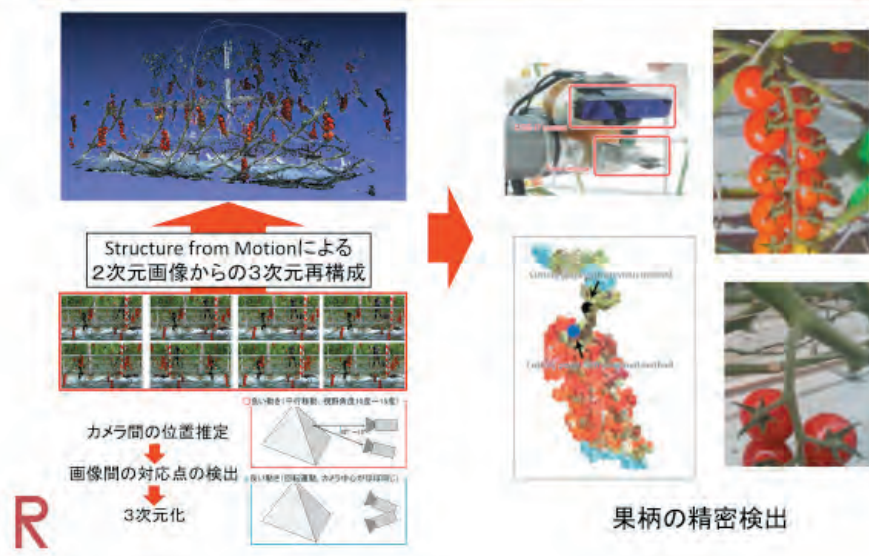
果実の自動収穫方法



R RITSUMEIKAN

担当: 立命館大学, デンソー 33

トマトの自動収穫方法



トマト自動収穫ロボット



かに安く、必要な機能を備えたロボットを開発するかです。トマトは細くてセンサーで見えないところが多いが、昼間は困難だが夜間はセンシングできるので、夜間に稼働させるなどの工夫をおこなっています。トマト専用はさみで切りつつ、挟み、落とさずに運ぶことができる機械です。1回10秒ぐらいでできるようになっています。トマト収穫のロボット化は日本だけですが、やがて海外との競争になるので、精度が高く低コストの開発が重要です。

10. まとめ

農業のロボット化・自動化のポイントについて説明します。リアルタイム性とは、農家と同程度

ロボット化・自動化のポイント

- **リアルタイム性**: 少なくとも「人と同程度の作業速度」を満たす処理
- **高精度**: 「数cmオーダー」の作業に対する要求
- **ロバスト性**: 圃場の凹凸等による外乱、屋外環境下
- **コスト**: ターゲット経営体(販売数量、技術発展の不確定性)
- ✓ **意思決定**: 多様な状況下での精度・信頼性・安全性の確保
- ✓ **環境認識・自己位置認識**: 画像、LiDAR、RTK-GNSS/IMU等の選定
- ✓ **作業機械**: ロボット化のための工夫(人が出来ないことも可能に)
- ✓ **育種・栽培**: ロボット化・自動化は一部、ロボットに優しい工夫

人工知能・計測・制御・機械・農学の融合

R RITSUMEIKAN

の作業速度で農作業を実施できることです。高精度とは、各作業に必要な精度で作業ができる事です。農業では数cmの細かな作業が多いのが特徴です。ロバスト性とは、ほ場の凹凸等の段差を吸収できる事などです。コストは、ターゲット経営体とは、現時点ではロボットは高額にならざるを得ないので、ロボット導入の前提となる経営規模の想定のみつかしきです。耕作放棄地が増え、規模が拡大する前提で、ロボットのターゲットコストを決めています。意思決定とは、センサーやミリ波レーダー(直進性が強く、雨や霧、雪などの耐環境性に優れた音波)の活用による認識と動作です。信頼性の確保とは、ロボットの誤作動による事故、トラブルの未然防止です。日本の大学では実施できていないですが、アメリカでは普通に行

われており、企業との共同開発では必要な認識と
考え、取り入れています。育種、栽培とは、果樹
のジョイント栽培で紹介したように、農業系の開
発者と協議して、ロボットが農作業できる果樹を
開発したりすることです。それによりロボットの
コストを画期的に下げることができます。知能と
計測、LiDARとカメラ、ロボスタ性対応の制御
など、現在は、今までつくられた農業機械を自動
化しているだけなので、これが正解なのかわかり
ません。今後はアクチュエーション（可動部分）、
モーターなどのコスト変動の動向をにらんだロボ
ット開発も必要です。規模の大きな農家は大型のロ
ボットを導入できるが、普通の農家の簡単な作業
の専用機械の代替となる、小型ロボットの開発も
考えています。

自動化・ロボット化を進める上での課題

- 過剰品質 ⇒ ロボット化のコスト
 - 品質と労働コストのバランスを考えた栽培方法
 - 理想と現実解と将来ロードマップ
- 人材不足 ⇒ 開発・実装スピード
 - 農研機構、大学（農学部）
 - 製品化可能なメーカー不足（中小企業、ベンチャー）
 - 地域（県職員、JA、農家など）
- 法規 ⇒ 導入スピード
 - 監視、遠隔監視の必要性



開発課題について説明します。最初は、現在、
農産品に求められる過剰品質です。レベルが高い
農産品が、農作業を複雑で、熟練を必要なもの
にしています。これを改善するだけでも、離農者は
減少します。研究者も人材不足で、大学の農学部
は農業機械に詳しい学生は少ないし、農研機構で
も新しい人材が導入できていない。農水省が、農
業大学校で農家を教育するプロジェクトに参画し
ていますが、これは企業や農学部の学生、若手研
究者にも広げていくべきです。開発に携わる人数
が少なく、開発から商品化に至る案件が少ない。
中小企業、ベンチャー企業は、資金や情報が不足
しており、自動車の自動運転に比べて、明らかに
開発体制が弱い。法律や規制の緩和も、諸外国に
比べて遅れています。

最後に

- 第4次産業革命とも言われ、技術進化は早くなり、世界的な
環境変化や制度変化など様々な動きがあります。
- 従来出来ないとされていたものも、総合的に研究開発を進
めることにより、実現できる可能性が高まっています。
- 農業においては、栽培方法との融合も重要であり、「人工知
能・計測・制御・機械・農学の融合」による農業のロボット化は
今後もますます進むでしょう。
- ただ、このようなシステム化と枠組み作りを総合的視点で見
ながら出来る人は少なく、人材育成が急務となっています。
- また、地方の維持・復興についても、自動化・ロボット化と併
せて考えていく必要があると強く感じています。



都市部に近い、稼いでいる地域もあるが、北海
道はじめ疲弊が進み、帯広市の近郊では農業の継
続が難しくなっています。地方の維持・復興と併
せて自動化・ロボット化を進めていく必要があり
ます。

【質疑応答】

藤井：キャベツの形状などでも、変更できる余地
があるのではないか。

深尾：キャベツのお尻（下側）が大きく、丸い形
になると収穫ロボットが導入できるでしょう。丸
い方がスムーズに収穫できます。キャベツが倒れ
ているとロボットで取りにくくなります。これは
農家でも取りにくい。

藤井：変形すると、収穫量や味に影響しますか。

深尾：種苗会社は、たくさんの種を持っており、
遺伝子組み換えはしませんが、遺伝子を掛け合
わせています。味は変わらないように留意してい
ます。すでに開発に着手しています。

深尾：収穫作業のロボット化が一番難しい。葉や
枝などの遮蔽物を、避けて手を入れていける小型
ロボットの開発は難しい。農作業で、人間も枝に
は当たりますが、人間の手はやわらかい。今のと
ころ、ロボットは、人間のような手までは開発で
きていない。手が開発できれば大きく進歩します。

今村：果樹自動収穫ロボットは電動ですか。

深尾：ヤマハの運搬車はゴルフカートを改造した
ものです。たくさん売れているので安価です。農
業散布機は600~1,000万円ですが、ヤマハの車両
は自動にしても400万円くらいです。

今村：いずれも専用機械ということでしょうか。例えばキャベツ、白菜、レタスも取れますか。
 深尾：少し変更が必要です。キャベツ、白菜、ブロッコリーは先端とベルトを少し変更しています。ヤマハ製の運搬車は、リンゴと洋ナシとナシ用ですが、同じようなものであれば運べます。車両の部分は共通です。

松田：ロボットでの農作業に適したキャベツが、実際に市場で売られるときに価格はどうなりますか。

深尾：キャベツは変わらないと思います。キャベツ収穫ロボットは、前後のセットで1,900万円です。北海道では、ロボットを使った収穫で利益は出ていますが、作業する人がいなくなるのが課題です。大規模農家でなければ難しく、鹿追町ではJA（農業協同組合）が設立した企業が、全部請負で6台を使い、畑で収穫作業を行います。

宮崎：ドローンを使えば、農薬の散布量が減りますか。

深尾：農薬をスプレータイプで撒いています。この方法ではドリフト（農薬が風で飛び散る）の問題があり、自動で精密に飛ばしてピンポイントに落とす、「ぼたぼたタイプ」を開発しています。正確に散布できれば、散布量は減らせます。

「果実栽培の現状とジョイント栽培」

神奈川県農業技術センター

生産技術部・果樹花き研究課

主任研究員 柴田 健一郎 氏



1. 日本の果実栽培の現状

ニホンナシ栽培の歴史

江戸時代から棚栽培が...



1782年 岡部通太夫（越後の梨の指導的栽培者）
 定植距離：2間半、樹の高さ：雲圍6尺3寸、他5尺5寸

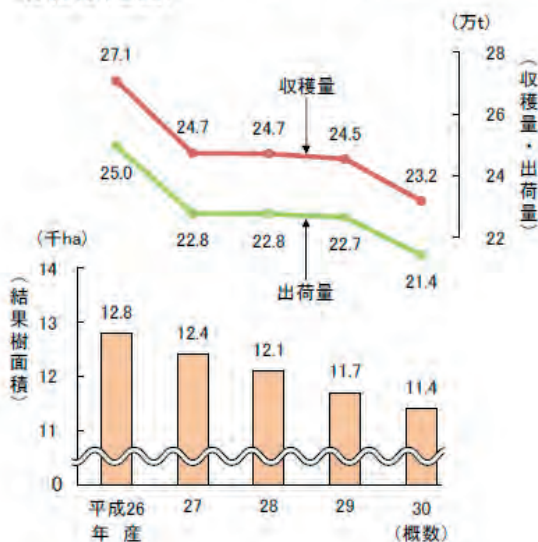
（現在）せん定の複雑化と大樹化
 （年間労働時間：350時間超/10a）



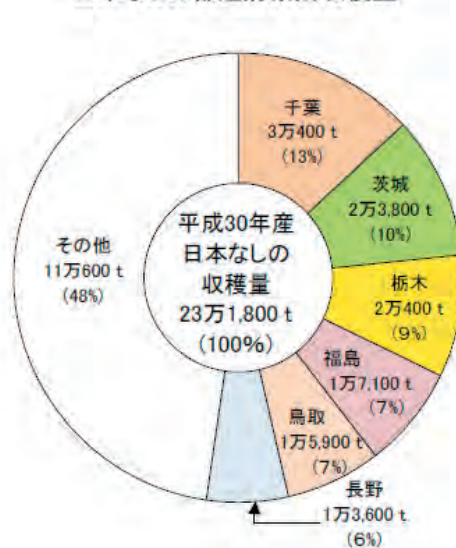
高品質果実の安定生産



日本なしの結果樹面積、収穫量及び出荷量の推移(全国)



日本なしの都道府県別収穫量

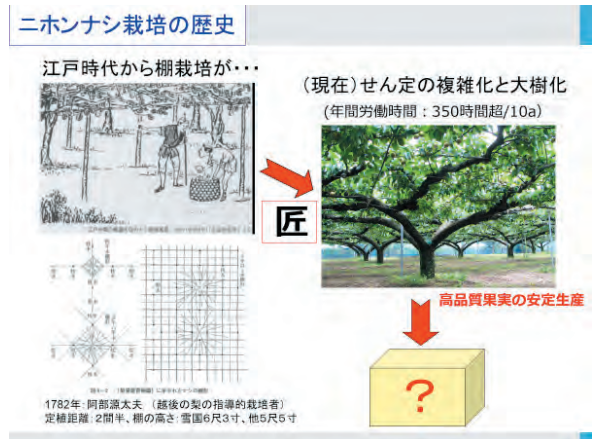


ニホンナシは、江戸時代から栽培され、200年以上の歴史のある果樹です。1782年の書物で棚栽培が紹介されていますが、棚の高さ、木の植栽間隔は現在とあまり変わりません。ナシの栽培は、大きな技術革新が無く、江戸時代から現在まで棚栽培が続けられてきました。棚栽培では、ナシの木は匠の技術で育てられ、1本50~100㎡の大き木に成長しています。

ニホンナシは、2014~2018年の5年間で、栽培面積が11%、収穫量が14%減少しました。果物全般でも同じ傾向で、農業の中でも特に高齢化と後継者不足が深刻な分野です。日本の果樹栽培の特徴は、高品質な果実を生産できる、細かな栽培管理と熟練技術があることです。果物ごとに樹形が

異なり、複雑ですが、匠の技で高品質な果実生産を達成しています。

高品質な生産を達成するため、果物栽培の労働時間は、10a当たり200~400時間かかります。稲作での約30時間に比べて、10倍必要です。栽培に手間暇がかかることに人手不足が重なり、ナシ園は2005年から10年間で10,000経営体が減少しました。2025年にはナシの栽培面積が、現在の半分に、2035年には1/3になると予測されており、供給量の激減が懸念されます。

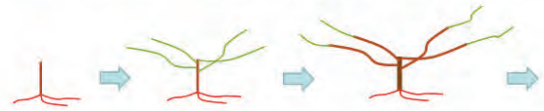


整枝 (仕立て)

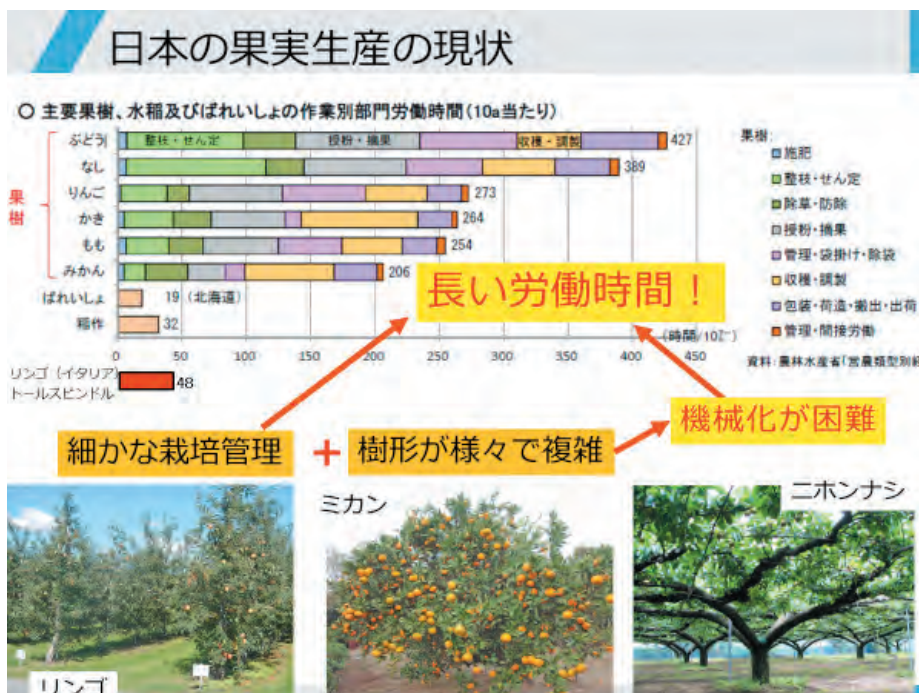
これまでは...



成木として完成するまで10~15年必要



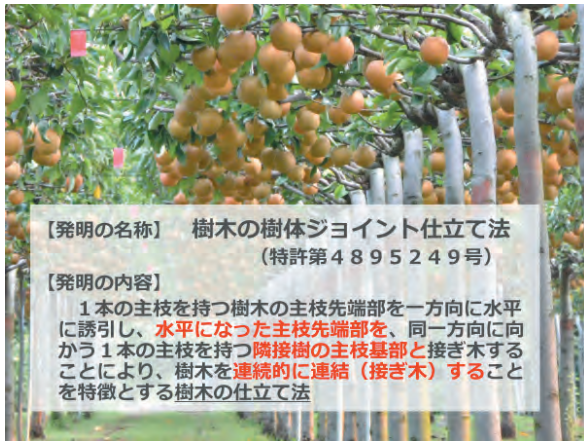
従来の棚栽培は、強風対策が施され、台風に強いのがメリットです。しかし、^{せんてい}剪定が難しく木の育成にも時間がかかり、労働時間が長く、不自然な上向き姿勢が連続するデメリットがあります。



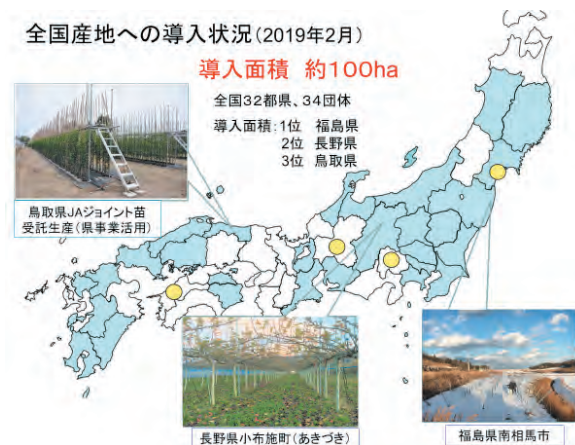
棚栽培では、木は1年で50~100cm程度しか伸びず、樹形の完成まで10~15年かかります。

培面積が減っており、県オリジナルの新品種で産地の再生を目指しています。

2. ジョイント栽培について



ジョイント栽培とは、木を連続的につなげる栽培方法で、苗木を地上高160cmで誘引（植物の枝を支柱に結びつけて固定し、伸ばしたい方向へ導くこと）し、水平に寝かせて、連続的に接ぎ木をつなげます。木が1直線の果物生産ラインのようになり、そこから枝が出て実がなるという単純な樹形になります。剪定・収穫などの、労働時間の削減に効果の大きな樹形です。



現在ジョイント栽培は、福島県、長野県、鳥取県など、全国に約100ha導入されています。まだナシ全体の栽培面積の1%程度ですが、農水省の補助事業でジョイント栽培は上乘せがあり、普及の拡大が見込まれます。例えば、福島県南相馬市は、津波で枯れたナシ畑を、ジョイント栽培で再生しています。鳥取県はナシの主産地ですが、栽

果実の生産方式(栽培技術=樹形)に求められるものは...

- ❌①早期成園 ⇒より短い期間で生産量をMAXに
- ❌②高収量(多収) ⇒より高い土地生産性
- ③高品質(甘い、大きい、外観...) ⇒均質生産(高い商品化率)
- +
- ❌④省力性・機械化適性 ⇒より高い労働生産性
低コスト ⇒初期投資とランニングコスト
- ⑤安定生産性 ⇒気象災害、病害に強い、樹の寿命が長い

果物の生産方式には、早期成園、高収量、高品質、省力性、機械化適性・低コスト、安定生産などが求められます。ところが、日本は品質重視で、研究者も高品質果実の安定生産技術開発を重視し、省力化やコスト削減技術の開発にあまり取り組んでできませんでした。野菜や米のように種をまいて1年で収穫できるものではなく、長年かけて木を育て10年以上の時を経て、成木として毎年実をつけるものです。収穫を早く始めることが可能な、早期成園化技術の開発が重要なのは言うまでもありません。

3. ジョイント栽培のメリット

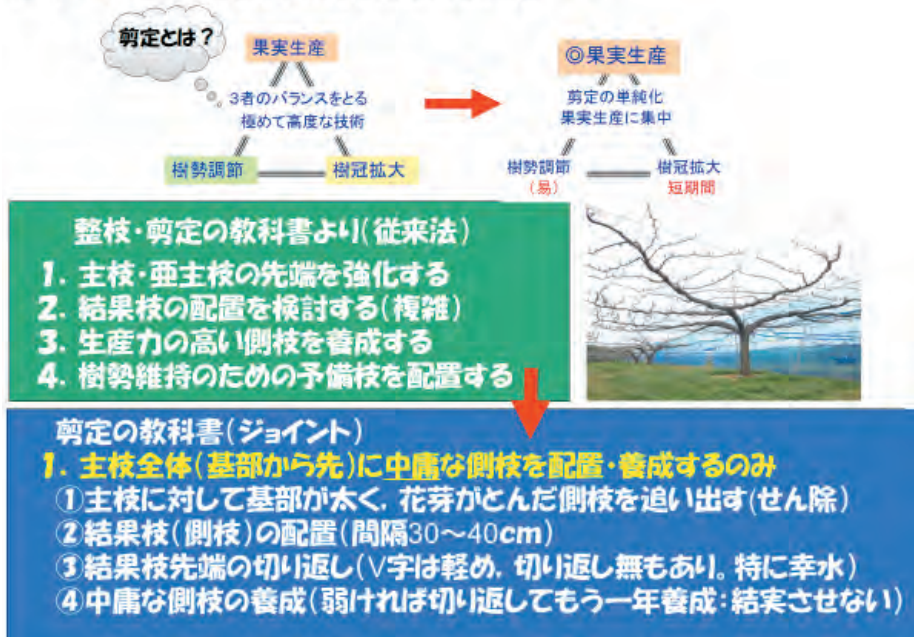
ジョイントの整枝の基本とは...

- 整枝・剪定の教科書より(従来法)
1. 主枝をまっすぐに伸ばす
 2. 主枝先端は常に高く上げて、強く伸ばす
 3. 主枝は元から先まで自然の太さで

- ジョイント栽培に変わること!
1. すでにできている
 2. 必要ない⇒主枝は水平*
 3. 比較的同じ太さになる

ナシの剪定の基本は、主枝をまっすぐに伸ばす、主枝先端は高く上げる、主枝は同じ太さに育てる、の3点ですが、ジョイント栽培を採用すれば、特別な作業をせずに、この基本に従った栽培ができ

ジョイントの剪定の基本とは・・・



冬期剪定時間の削減

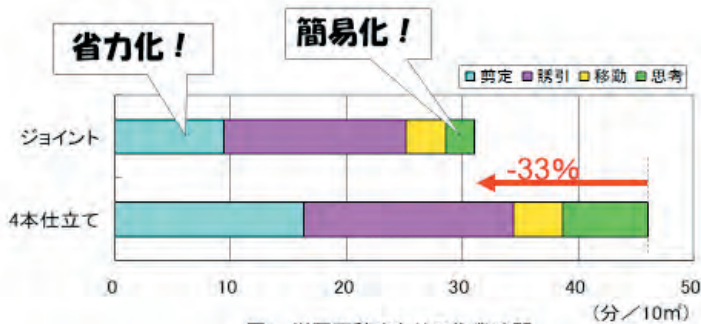


図1 樹冠面積当たりの作業時間



ます。

剪定は、「実を採るために枝を切って、配置する」ということです。そして実を採りながら、さらに木を大きくすることです。実を採りながら木を大きくするというのは、一見すると相反する行為ですが、このバランスをとり、木の拡大と、収量も増やしていきます。ジョイント栽培の剪定では、直線的な主枝に中庸な側枝をバランス良く配

置、養成するだけですので、剪定の難易度は大きく下がり、経験の浅い生産者でもナン栽培が可能になります。

また、ジョイント栽培では、養水分の供給や受光体勢が均一化して枝の生育が揃うことで、剪定も繰り返しの作業になり、実際に農家が剪定した場合には33%作業時間が減少しました。

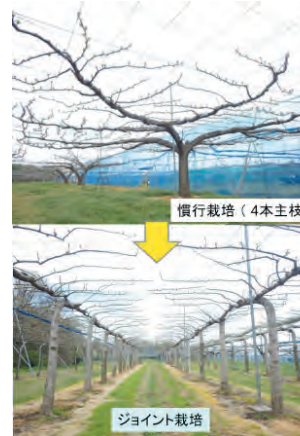
4. ジョイント栽培の研究の進展



ジョイント栽培の、研究を始めたいきさつを説明します。1993年に神奈川県園芸試験場の研究員として、ナシを担当しました。ニホンナシの剪定は難しく、新米研究員には理解できず、苦労していました。ある時、休憩時間の雑談の中で、「木をつなげる」発想が得られ、「直線的に主枝をつなげて、左右に枝を出して実をならせれば、剪定が単純になるだろう」と考えました。ジョイント栽培の枝を水平にする、木を狭い間隔にたくさん植えることは、栽培の常識を無視した手法で、関係者からは「無理だろう」と思われていました。私は僅かでも可能性があれば、何とかそれをモノにする、という執念が研究者には必要と考えてい

ます。

2006年に農林水産省の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」に採択され、本格的なジョイント栽培の研究がスタートしました。以降は、さまざまな競争的研究事業に採択されて、ナシ以外の果樹への拡大、機械化、ロボット化の研究に進展しています。

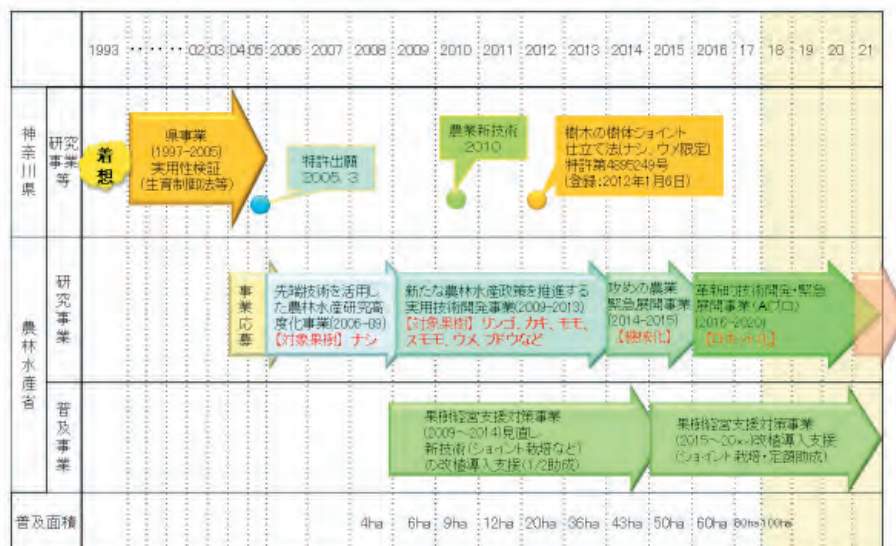


- ◎高品質果実安定生産
 - ◎強風対策
 - ◎低樹高化
 - ×複雑なせん定
 - ×成園化までの期間が長い
 - ×長い労働時間
 - ×上向き姿勢の連続
 - ×大型機械の導入困難
-
- 早期成園化
 - 生育の均一化
 - 栽培管理の効率化
 - せん定の簡易化
 - 労働時間 20%減(限界)
 - ×上向き姿勢の連続
 - ×大型機械の導入困難

ジョイント栽培は、樹体が連続的につながっていますので、主幹部を間引いて切っても、養分・水分が樹体間を行き来しており、主枝は枯れません。これらも、研究で検証できました。

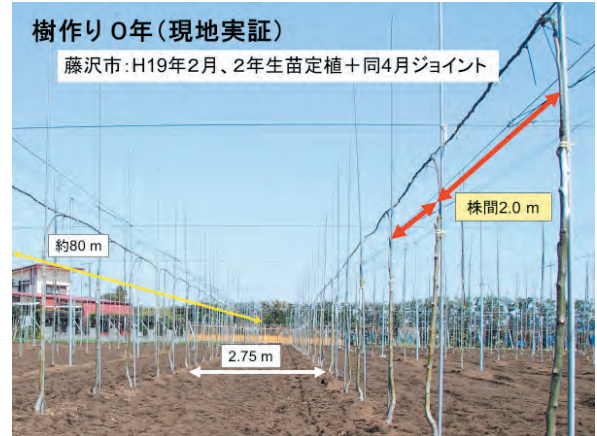
ジョイント栽培の改善も進めています。当初の棚状から、V字の垣根状の栽培へ発展しています。主枝が腰の高さ、実をならす枝が斜め60度の角度で配置されています。木の拡大が早まり、早期成

ジョイント栽培研究の展開と実用化への取り組み





- 早期成園化
 - 生育の均一化
 - 栽培管理の効率化
 - せん定の簡易化
 - 労働時間 20%減(限界)
 - ×上向き姿勢の連続
 - ×大型機械の導入困難
-
- 早期成園化
 - 生育の均一化
 - 栽培管理の効率化
 - せん定の超簡易化
 - 作業姿勢改善
 - 機械化・大型機械導入可
 - ◎ロボット化
 - ◎労働時間大幅削減 50%減



収量・果実調査結果(H20夏 2年目)		
	幸水	豊水
10a換算収量(kg)	653kg	1224kg
平均果重(g)	373g	511g
糖度(Brix%)	13.2%	13.6%

園化がさらに進みます。棚状のジョイント栽培では、従来の栽培に比べて剪定時間の削減が20～40%程度でしたが、V字樹形のジョイント栽培ではひもを使わなくても誘引が可能になり、剪定時間を50%以上削減できます。高齢で引退を考えていた栽培者が、V字樹形を見て「これなら続けられる」と考えて、ナシ苗の定植からナシ作りを再開しました。新規参入やUターンで、ナシ園が継承される場合は、V字樹形を採用する事例が増えています。山梨県富士吉田市の民間企業では、地域活性化のために観光果樹園としてニホンナシの栽培を始めるにあたり、V字樹形のジョイント栽培を導入しました。全くの未経験者でしたが、マニュアル通りに管理して、栽培2年目からナシの収穫が実現できました。広島の農事組合法人世羅幸水農園では、1枚1haの造成園に1,800本苗木を植え、V字樹形のジョイント栽培を導入しています。ここではV字樹形の採用に積極的で、今後も増やしていく予定です。

5. ジョイント栽培の現地実証

平棚のジョイント栽培の栽培方法を説明します。初年度2月に苗木を1.5～2m間隔に植え、接ぎ木でつなぎました。2年目の苗木です。

4月に接ぎ木して、7月に新梢が出揃いました。植えてから5カ月で、かなり枝葉が茂ります。

翌年夏には、ナシの収穫ができます。苗木や支柱など、初期投資の回収に十分な売り上げになります。

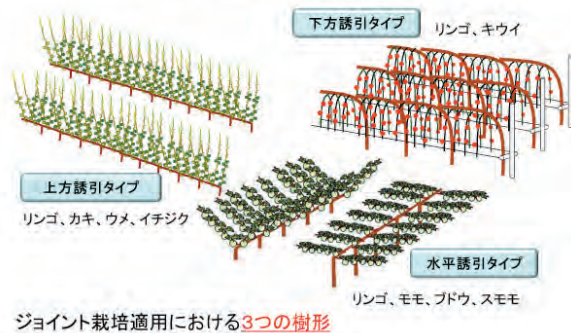


H23年幸水収穫期(定植5年目)

5年目には、成木となり成園化が達成できます。幸水では、2年目の収量が10a当たり653kg、5年目は3,120kgに増加し、約4.8倍になります。

6. 他の果実（リンゴ、カキなど）への拡大

2009～2013年：適用樹種拡大研究への発展



2009～2013年にかけて、リンゴやカキ、ウメ、イチジク、ブドウ、スモモなどのジョイント栽培の開発を進めました。樹種が違うので、枝を垂らしたり、上に上げたり、それぞれの樹種の特徴に合わせて開発しました。

カキは、結実2年目に、慣行の立ち木栽培に比べて2.4倍の収量を達成しました。モモ、クリ3

年、カキ8年と言われますが、ジョイント栽培でカキも3年で収穫できるようになりました。4年目には10a当たり2tの収量があり、慣行栽培の成木と同等の収穫を達成しました。

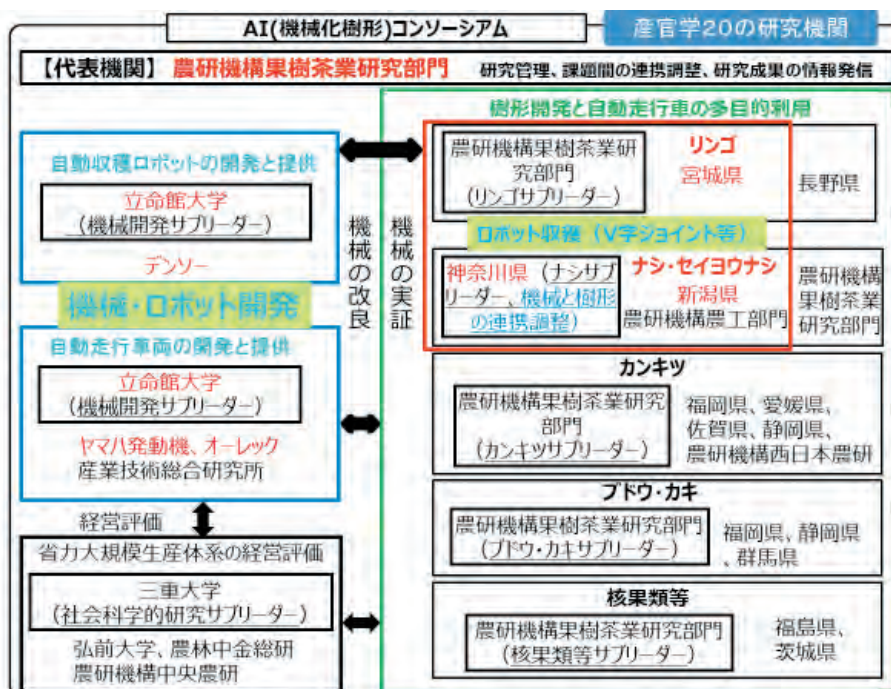


- ①早期成園
- ②高収量
- ③高品質
- ④省力性・低コスト化
- ⑤安定生産性

ウメは、大木になり脚立での収穫が必要でしたが、脚立が不要になり、安全で効率的な収穫作業ができるようになりました。

7. ジョイント栽培を活用したロボット化

農研機構生研支援センターが実施する、人工知能未来農業創造プロジェクト（2017～2020年）で、果樹の自動収穫ロボットの研究開発が実施されて



「果実生産の大幅な省力化に向けた
作業用機械の自動化・ロボット化と機械化樹形の開発」
人工知能未来農業創造プロジェクト (2017 - 2020年)

ナシ、リンゴ、セイヨウナシ
ロボットによる自動収穫 (ジョイントV字)
労働時間 50%削減

列状密植樹形 (機械化樹形) ⇄ 樹形統一

カンキツ双幹形、Y字形
リンゴ主幹形 (トールスピンドル)

レーザーレーダで樹を認識
自動走行防除・草刈機 自動走行車両(9品目)
平面的な結実層を持つ機械化樹形において性能を発揮
薬剤散布・草刈りの無人化、運搬、管理作業の省力化
収量・品質は低下させずに

カキ・モモ・オウトウ ジョイントV字
ブドウV字形、モモ・オウトウV字形、
カキ主幹形、クリ低樹高V字形
労働時間 30%以上削減

おり、神奈川県農業技術センターは、ナシの機械化樹形開発を担当しています。

このプロジェクトでは、果実生産のロボット化に適した樹形開発を進めています。ジョイント栽培では、自動走行車両が走行する作業道が容易に確保でき、運搬作業の作業時間が20~30%削減できました。ナシ、リンゴ、セイヨウナシでは、果実を「つかんで、回して、ちぎる」収穫ロボットの開発を進めています。

果実収穫ロボット開発 (ジョイントV字樹形)

収穫適期判定
枝や葉が認識を妨げる
リンゴのジョイントV字樹形 (宮城)

ニホンナシのジョイントV字樹形
果梗(軸)の有無
有袋栽培
セイヨウナシのジョイントV字樹形 (新潟)

ニホンナシのジョイントV字樹形による、労働時間の削減状況について説明します。ニホンナシは、整枝・^{せんてい}剪定、摘果、収穫作業のウェイトが高く、^{せんてい}剪定は、年間労働時間の1/3を占めます。樹形の改造により、^{せんてい}剪定時の誘引作業時間は90%

削減され、^{せんてい}トータルの剪定時間は80%削減されました。摘果や収穫も20~30%削減されました。ロボットは、果実を認識して収穫します。自動収穫のためには、着果の状態が均一で、枝葉に邪魔されず果実に直接アプローチできることが重要です。ジョイント栽培は、古くなった枝は絶えず更新されますので、この状態を維持することが可能です。また、ロボット収穫では、同時に果実の着果位置などの情報を取得することで、これらのデータに基づく、樹木ごとの個別管理も将来可能になると考えられます。

8. 海外での果実栽培

海外では、列状の密植樹形が一般的で、収穫、運搬作業の機械化が進んでおり、品質以外は日本より優れています。最近の海外からのブドウ、キウイフルーツ、サクランボ等は、品質の向上が著しく、味でも国産と変わらないものが輸入されています。日本のシャインマスカットとそれほど差の無い品質のブドウが、輸入品では1/3程度の価格で購入できます。

アメリカは、果実を吸引して収穫するタイプのロボット開発を進めています。吸い込むような収



穫では果実に傷がつき、木も傷むので日本での利用は難しいと考えられますが、海外では効率を優先しています。イスラエルでは、ハンドが12本あり、果実をつかみ取るタイプの収穫ロボットが開発されていますが、スピードは遅く、価格は4,000万円とまだ普及の段階では無いと考えられます。



収穫ロボットが対象としている樹形は、ジョイント栽培ではありませんが、V字型の樹形で、ロボットがアプローチ、収穫しやすい樹形です。海外でも「狭いところに手が入らない」、「線があると取れない」、「果実が密着していると取れない」などの課題を我々と同様にかかえています。

【質疑応答】

北折：水が通る管、養分が通る管は樹間でつながっていますか。

柴田：樹体間の導管、師管（有機性栄養素を、植物全体の需要のある部分に輸送する生体組織）はつながっているので、養水分濃度は平均化します。養水分状態が平均化して、生育がそろい、品質も

そろい、ジョイント栽培の利点です。

河内：品種により、採用しやすいものとそうでないものがありますか。

柴田：苗木が長く伸びる品種が簡単です。枝の伸び方は品種によって生育が旺盛なのと弱いものがありますが、ジョイント栽培になると枝が伸びる力が強くなる。生育が緩慢で、品質は良いが収量が上がらなかった高品質な品種が、ジョイント栽培で再度脚光を浴びています。

河内：製造方法の特許を取得されていますが、形を見れば真似されているか、わかるでしょうか、どのように守っていますか。

柴田：神奈川県が国内で権利を持ち、申請があれば団体でも個人でも利用権を許諾します。農業協同組合など大きな単位で許諾を取得し、許諾料は27万円です。農家には、苗1本150円の安い実施料で普及を図っていますので、その実施料から栽培面積の広がり把握できます。従来の研究開発から生まれた栽培技術は、開発後は自由に使って下さいという形で普及を図りましたが、その技術がどれだけ普及しているのかは当然把握できていなかった。また、許諾契約を結んでいるので、開発した技術に何か問題があれば、自動車のリコールではないが、改善のための研究へも展開し、技術の完成度がさらに高まり、普及が促進されます。

河内：海外進出はしていますか。

柴田：15年前は知的財産で権利を保持するとの意識が薄かった。国際特許まで取っていないので、今後その可能性があれば検討していきたい。

藤井：従来方法とジョイント栽培の収穫量の違いはどれくらいか。

柴田：ジョイント栽培のロボット化のための樹形開発は、収量を落とさないことが大前提です。棚栽培は、1対1の関係で土地の面積と同じ面積の棚面しかありませんが、V字は60度で、1対2の関係になります。すなわち農地の効率的な活用ができます。実際には、同面積ではジョイント栽培のV字樹形は樹高を高くすれば1.5倍程度の収量があります。

藤井：普及が急激に進まないのは、従来型が良い

からではないか。木がまだあるから、簡単には新しくできないというのものもあるのではないか。

柴田：新しい技術に対しての拒絶感は確かにあります。後継ぎがいるような農家は積極的に採用しています。次世代がより省力的にという考えがあります。世代が変われば、普及が進むと思います。植換えのタイミングが出てれば採用すると思っている農家は多いです。

今村：若い木でも早くなるようになる理由というのは何か研究されているのでしょうか。

柴田：ジョイント栽培は、密植栽培で1本が小さいですから、地下もコンパクトです。木は大きくすると根も広がって生育旺盛になりますが、この栽培は木がつながって、そこで一定ですので、根域も狭く、木は強くならずに、すぐに花芽をつけるような状況になります。従来は木を大きくして、木の生育を落ちつかせて花芽をつけて品質を上げるという発想でしたが、密植栽培して小さい木で、収穫していける。ジョイント栽培は、つないでいるので、大きくなりようがない。わい性台木を使って根域を制限して木を小さくする方法、逆に上を小さくして下を小さくする、という逆の発想もあります。重要なところですが、リンゴのわい化栽培は、わい性台木をつくるのに手間がかかりコストも高くなりますが、ジョイント栽培は特別な苗をつくることは不要です。その利点があるので、将来海外にジョイント栽培が出ていく可能性がある。セイヨウナシでは、わい性台木の良いものはなく、ジョイント栽培が海外へも拡大していく可能性があります。

今村：つながなくても、盆栽のように小型化できますか。

柴田：つながなくても良いが、つなぐと生育の均一化が得られます。これにより、食品の生産システムとしても品質が安定化します。生産ラインができて、必要とする資材（養水分）が均一に配分されれば、製品としてできるものはそろっていくわけです。低コストで均質果実の安定多収生産、今まで日本の栽培技術で一番苦手だった部分が解決していきます。

今村：日本の果実は高品質指向であるとの事ですが、低品質なものは輸入品に頼ってきた。ジョイント栽培は、ロボット化による効率化も加味して、品質志向から生産性志向への転換ですか。すなわち品質一辺倒ではなくて、将来の輸入品の増加への対応も含めて、品質に目をつぶりながら商品性を確保していくという事になるのか。

柴田：あくまで、品質、収量を落とさずに、生産コストを下げるのが目標です。最終的には日本の果物は輸出を考えていかないといけないと考えていますので、ジョイント栽培で、新しい生産方式が完成したら、輸出も可能と思います。世界中が猛暑化していて、輸送の問題とかがありますが、日本の夏の果物の代表であるニホンナシが欧米に受け入れられ、農産物の輸出産業の花形になる可能性があります。

「水稲栽培の現状と大規模複合経営」

農業生産法人 有限会社フクハラファーム

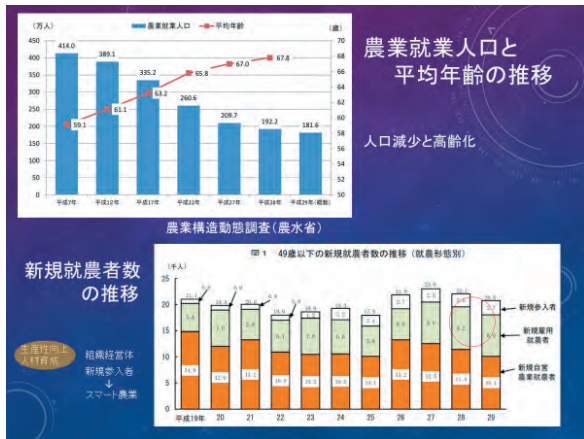
会長 福原 昭一 氏



1955年生まれ 満64歳
 1978年 大学卒業後土地改良事務所に勤務
 1989年 (平成元年) 専業農家として出発
 1994年 現在の(有)フクハラファームを設立
 2016年 農匠ナビ(株)設立 取締役会長に就任
 秋の黄綬褒章受賞

1. 水田農業の現状

水田農業（稲作）は、人数が一番多いですが所得はそれについてきていません。本日紹介されているロボット化も、利益が出ないところに投資で



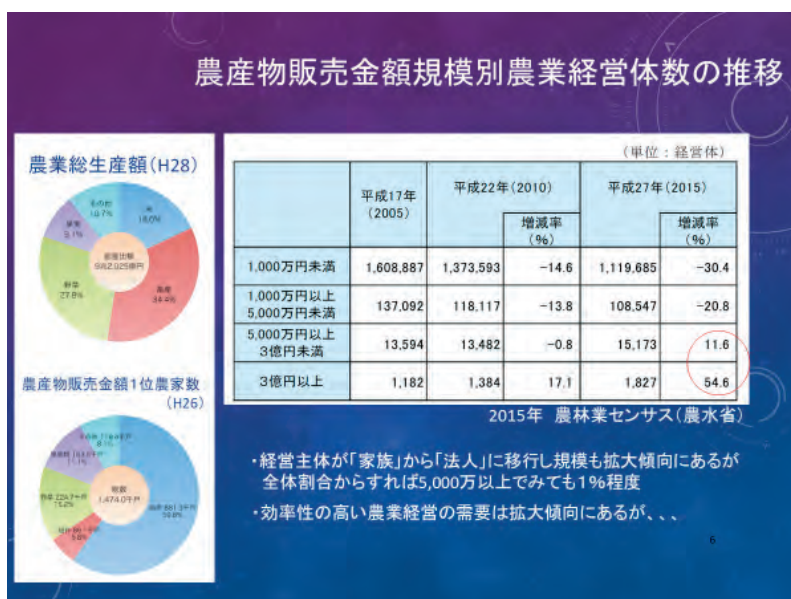
きず、普及はしていません。

農業生産額も、稲作は畜産や野菜に比べて少な

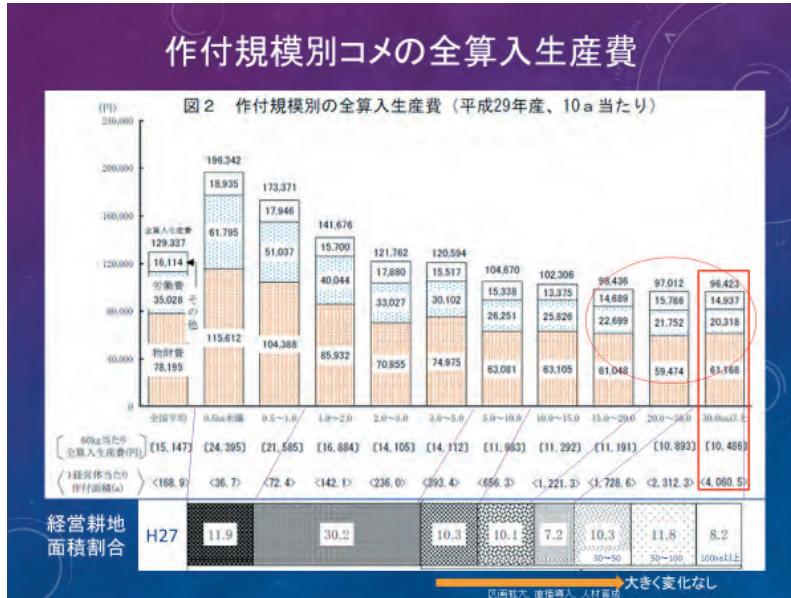
く、年収5,000万円～1億円以上の農家は、畜産、大型の野菜生産法人です。

稲作では、単純に規模を拡大してもコストは下がりにません。コストを下げられるように、区画の拡大に従って新技術も取り入れ、コストを下げていく努力が必要です。

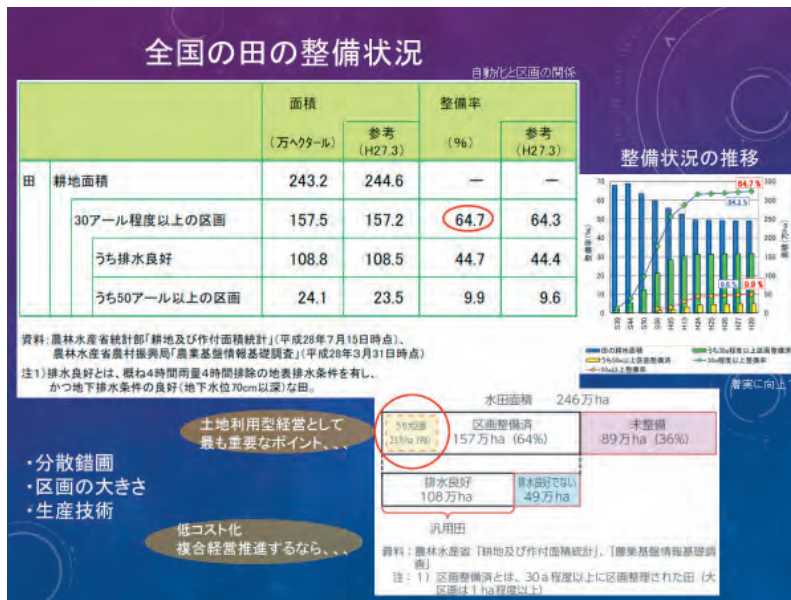
全国で65%の区画整理が終了し、弊社でも昭和40年代後半から始まり、当時30a（アール）区画でしたが、さらに所有権で割られて、5aであったり10aであったりという農地がいっぱいまだあるわけですね。区画整理は進んでいるけれども、さらに低コストを目指すのであれば、再整備をや



作付規模別コメの全算入生産費



全国の田の整備状況



ICT活用の展開方向



らざるを得ないだろうと思います。現状1ha以上の大区画はまだ10%にも満たないので、低コスト農業は難しいと思います。

政府がスマート農業を普及させて、超省力・大規模生産を実現させようとしています。夢のような話ですが、現在の圃場の状況では無理と思います。ICTの展開については、人材育成が最も重要と思っています。またICTを活用した経営の効率化を進めることも重要です。

2. フクハラファームの概要



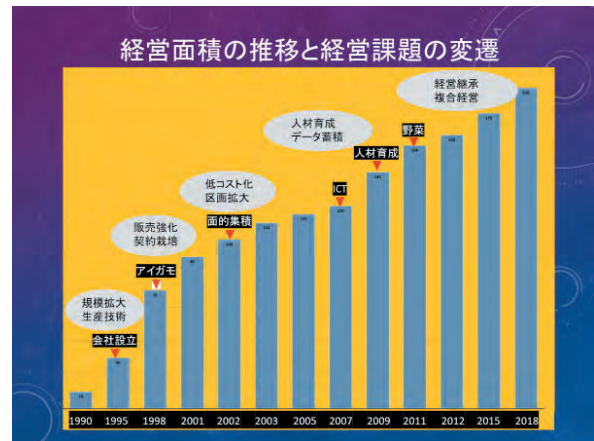
経営面積は200ha、従業員は16名です。主は、稲作で190haあり、麦、キャベツ、果樹への多角化にも取り組んでいます。



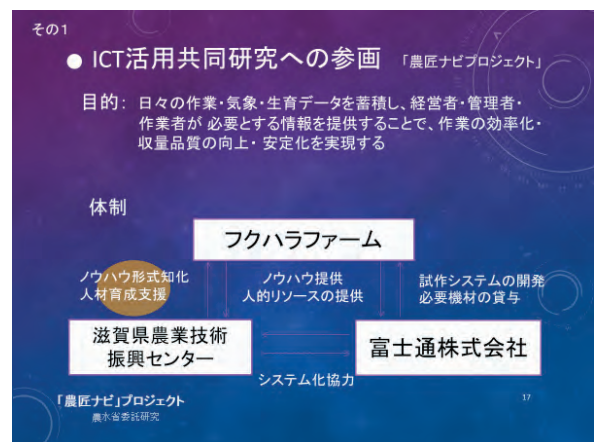
滋賀県彦根市は、優良農地が2,800haあります。そのうち、稲枝地区は1,500haあり、全国的にも稲作に優良な地域です。弊社は、赤く書いた農地を管理していますが、以前は点在していましたが、面的集積を進めてきました。耕作放棄地もなく、

農地を取り合いしている珍しい地域で11集落がありますが、地域の仲間と利用権の交換を進めてきました。

3. 取り組みの歴史と農業ICTへの取り組み



1989年に会社を退職して専業農家になりました。1995年に有限会社フクハラファームを設立し、今日まで経営面積を拡大してきました。転機となったのは、2008年に農業ICTの取り組みを開始したことです。区画拡大と従業員の増加に伴い、ICTを使った人材育成の必要性を感じてきたことがきっかけです。富士通株式会社（以下、「富士通」）のシステムを採用しました。2009年には、国の事業の「農匠ナビ」プロジェクトの実験圃場になり、2014年には、「農匠ナビ1000」にも参画しました。



農匠ナビとは、農の匠、すなわち知識や経験、技術を若い人にどう伝承していくかという取り組みです。農業に関するデータを取り、経営者、農

作業者などに提供して、効率化、品質向上につなげるものです。弊社は、協力農場として参画させていただきました。



水田農業は、地域によって考え方が違い、経営者によっても違うので、経営体固有のものが多い。個人の頭の中にあるものを、データ化して残していくことが必要です。データに基づいて、経営体の営農計画を立て、人員体制を確立させていくことが重要です。従業員間での情報共有をしていくためには、紙ベースではなく、ICTを利用して共有することが重要であることを、改めて気づきました。

富士通との取り組みでは、生産工程管理のデータを提供しました。現在、同様のシステムは、何社か取り扱っていますが、農匠ナビで関係ができたこともあり、富士通のシステムである、「食・

農クラウドAkisai」を使っています。

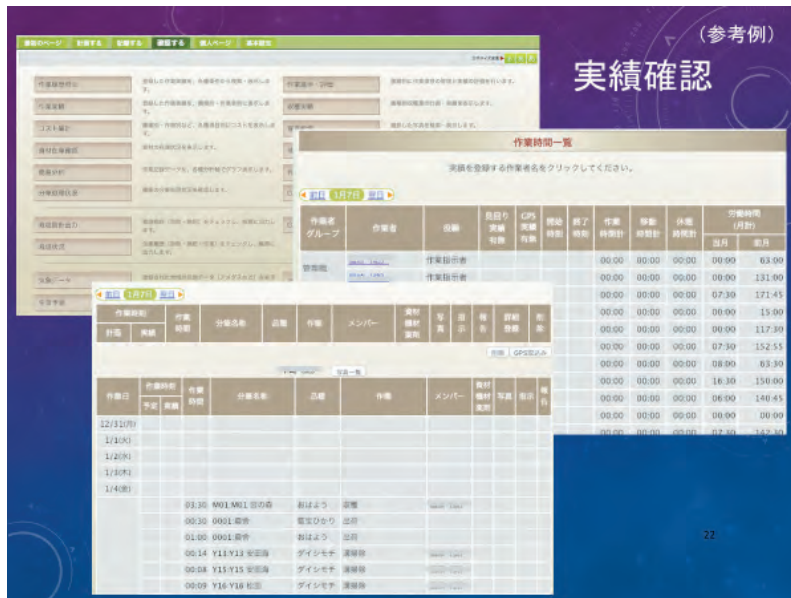


ほ場の各情報はデータベース化してあります。これは、土壌、水質、除草などのデータです。

農業ICTの実践について、具体的に説明します。農地の情報をデータベース化してあり、日々の作業をAkisaiに記録していきます。日付、作業時間、作業内容のページを見れば、どの圃場で、何の作業をしたのか、過去の履歴が把握できます。作業者は2～3分でスマートフォンに入力できます。

入力データは、膨大なデータとなりますので、トレーサビリティの管理と改善のための分析に活用できます。





4. 「農匠ナビ」プロジェクトへの参画

その3

●農匠ナビ1000への取組み (H26.4~H28.3)

農業生産法人が実証するスマート水田農業モデル(革新的大規模稲作営農技術体系の開発実証)

目標 「高品質・多収と低コストの両立」

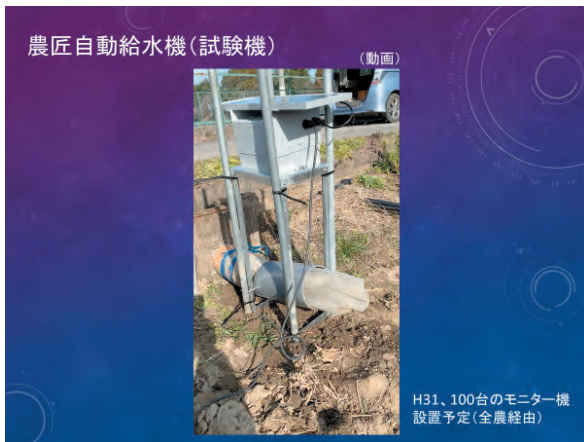
- ・圃場管理・・・大区画化、均平作業、畦畔管理等
区画差、均平度、減水深の違いによる収量差比較
- ・工程管理・・・緻密な生産計画、生育調査、データ蓄積・解析
播種密度、植付密度・株数等の違いによる収量比較
- ・人材管理・・・技術伝承(マニュアル化)、スキルアップ、情報共有
ドライブレコーダー、ウェアラブルカメラの利用

「農匠ナビ1000」は2014～2016年に実施されました。農業生産法人みずからが実証するスマート水田農業モデルで、高品質と多収をしながら、コスト低減を実現する、農業の見える化に取り組んでいます。ほ場管理、工程管理、人材管理の3点から検討しました。農業法人4社が参加し、1,000という言葉の由来は、4社の農地の合計が1,000筆だからです。

第2期の農匠ナビ1000は、2016～2019年に実施されました。ここでは、琵琶湖の水質を悪化させないことに取り組まれました。田んぼに水が入ってしる代かき(田植えのために、田に水を入れて均すこ



と)が始まると、湖辺が白く濁って、汚れてきます。それを回避するため、大規模農家の10~20%で、乾田直播かんてんちよくはん(畑状態の本田に直接種もみをまく方法。苗が少し生長してから水を入れる)にすれば代かきがなくなる。環境保全型の乾田直播を実施しています。環境保全型というのは、一般的な乾田直播では、3~4回は除草剤を多投しますが、除草剤を1回にして管理しています。



農匠ナビでは、オープン水路用の自動給水機の開発を行っています。用水路のゲートをスライドさせて水を止める方式は、流れてきたごみや藻などで完全に閉まり切らないことが頻発しています。ゲートは廃止して、先端にホースを装着し、ホースを上下させて給排水する簡単な装置を開発しました。現在、商品化の準備を行なっています。

5. 経営方針

私の経営方針を説明します。一貫して低コストと品質・多収の両立を目指しています。農業は



「たくさん取るか、高く売るか」で、すなわち「安く作るか、たくさん取るか、高く売るか」です。有機JAS規格を取得したアイガモ農法で10haの完全無農薬の米作りを行ない、水田の高度利用で、野菜も含めた2毛作などに取り組んでいます。



水稲、麦、野菜、全て契約栽培で、JA(農業協同組合)を経由せず、直接販売しています。

低コスト化には、区画拡大が一番重要です。1昨年に200ha、200筆の目標を立て、区画拡大に取り組んできました。200haはクリアして、筆数(区画数)は312筆から290筆まで下げてきました。平均の面積は上がり、農作業の効率化が進んでいます。

高付加価値化のために、独自のアイガモ農法を導入しています。多いときは15haを無農薬で栽培していましたが、手間がかかるのが難点です。有機栽培に対する消費者の要望が高いが、お断り申し上げているという状況です。ネット販売でも注文が増えています。区画が大きくなれば、乾田



化も容易になります。乾田化により畑作にも対応していただけますので、複合経営もやりやすくなっています。



キャベツの自動収穫の、実証実験に協力しています。弊社も収穫機を利用しています。AIが収穫の管理をしてくれるので、ストレスも少なくなり、今年も実証に参加します。以前は、収穫に6～7名必要でしたが、ロボット化で3名に減員しました。大区画になれば、ロボットの普及は進むと思います。

小規模では、現状では投資回収が難しく、ロボットの導入は難しいし、結果的にコスト低減も難し



いと思います。

滋賀県は、麦と大豆の複合経営を推奨しています。弊社も従っていましたが、収益性の悪い大豆はやめて、キャベツに切りかえました。麦畑での施肥も機械化されています。北海道では、区画が大きいので浸透していますが、ほかでは背負いの動力噴霧器で肥料を撒くのが一般的です。北海道では麦の中へ機械で入って施肥しています。GPSがついたトラクターは1回施肥すれば、そのデータで追肥もできます。昨年から弊社では導入しています。

6. 大規模稲作複合経営の実現に向けて



大規模稲作・複合経営のためには、最低1～2ha必要ですし、理想的には4haぐらいの圃場になれば、本格的な低コスト化ができると思います。人の確保と育成については、詳細なデータを残し、データを分析し、悪いところを改善していくという、繰り返しが重要です。

300余の作業項目から、作業内容を選択して、月ごとに集計し、10a当たりの労働時間を計算しています。水稲と野菜と麦、その他の作物の作業時間を2013年から記録しています。10a当たりの労働時間、精米や出荷、営業も含まれますが、2013年は15時間でしたが、2018年は8時間に減少しています。農林水産省のデータとは計算基準が違い、データ自体の精査は必要ですが10a当たりの水稲の労働時間は、確実に下がってきています。

区画拡大の圃場数は、2015年は369筆、2018年

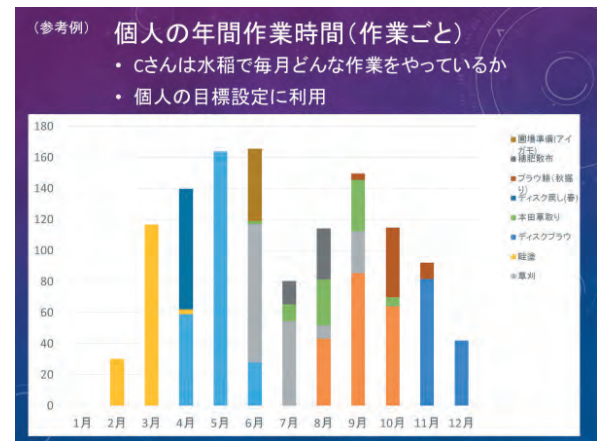
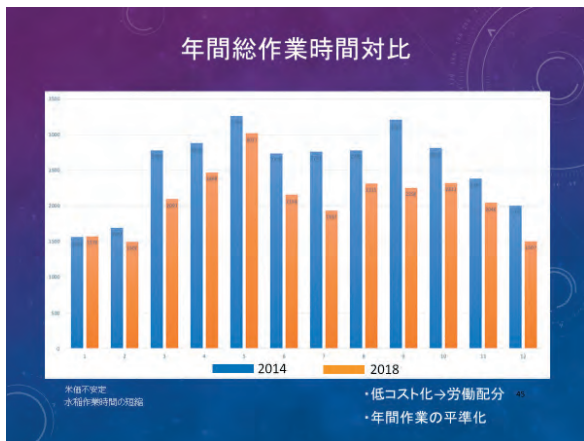
は298筆に減少しています。ほ場面積は157haから183haに増えており、平均面積は61aに増加しています。

2013年と2018年の水稻の作業時間、荒代（代かきをする前の耕起）の作業の時間を対比すると、例えば、10a当たりの田植えの時間は2013年の

0.42時間から2018年は0.3時間に下がりました。区画を大きくしたことに加え、各作業体系の見直しも含まれています。時間短縮のため、畦畔（水田を囲んで作った盛土）を簡単に造成する機械を全ての圃場に造成しています。作業時間数と経営面積の推移を見ると、面積は増加し、農業現場の作業者が減少しています。

月別の総作業時間を2014年と2018年で比較すると、複合経営により作業の平準化が進んでいることがわかります。労働配分は着実に改善しています。

各従業員が品目別の作業時間を、1年間の実績で確認できます。各人が来年の目標を立案する際の参考としています。このような詳細データを各個人が把握できるシステムを導入して、目標立案している農場は少ないと思います。



ある作業者の水稻の作業記録です。2016年の作業時間を月別に振り返ることもできます。改善を図って、労働時間を短縮するために、どうすべきか各人が考えられます。また、田植えのグループ、代かきのグループが集まって、検討しています。年初に個人の目標として立ててもらっていますが、その繰り返しを人育てていきます。個人の課題をグループの課題、会社の課題にして、皆で助け合っていく事で会社に和が生まれていきます。個人の農業への興味・関心を高める事にも役立っています。



各作業者が自分の作業を把握したうえで、自動化やロボット化に取り組んでいきたいと考えています。特に水田農業では、まだまだ現場で改善していくべき点がたくさんあります。いきなりロボットではなくて、もう一度自分の経営をしっかりと振り返って、どこに問題があるのか把握することが、利益を出すことに繋がると思います。

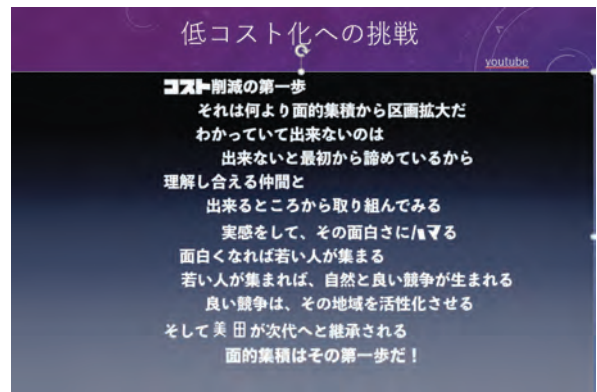
7. 最後に

区画拡大をしている農地は、作業性が全然違います。キャベツの定植作業ですね。9筆まとめて、1.4haに拡大しました。こうすれば機械を大型化して作業コストも下げられますし、乾田化も図れます。ロボットを入れて、作業性は上がってきます。

弊社は条件的に恵まれた平場地帯です。どこの地域でもできるということでは決してありません。但し、その地の利を生かして、経営を継続し、若い人がおもしろおかしく農業に入っていけるよう



にする。そういう状況をつくっていきたいと考えています。私の地域は2代目、さらに3代目の20代の人が続いている経営体も出てきています。何とかこの美田を守り、地域が崩壊しないように、全力を傾注していきたくと考えています。



【質疑応答】

小野寺：人材を育てるに当たってのポイントは何かですか。データの活用、農作業、日々の組織管理、特に重視しているポイントを教えていただきたい。

福原：全体的な計画は、息子である社長が立てています。毎月半日、どれだけ忙しいときでも3時間の全体ミーティングをおこなっています。1カ月の振り返り、今後1カ月先、計画どおり進んでいるかとの観点からミーティングをしています。例えば田植えの担当ならば、田植えが計画したとおりに進んだか、何か反省点はないか、意見交換を月に1回おこないます。社長が朝礼で1週間に1回、問題点がないのかを確認します。毎日、明日は何の作業をやるかをホワイトボードに全て記入しています。その確認を1～2分、毎朝行います。天候が相手ですので、翌日の作業を急遽、変

えざるを得ないことがあります。その確認は毎日2〜3分、朝礼で行います。

藤井：圃場拡大は、農作業ができない方から借り上げているのか。借地代を払っているのか。例えばその田んぼの方が、従業員になることはあるか

福原：借り上げていますが、その方が従業員になることはありません。

藤井：乾田直播とは、形態上はどうなっていますか。

福原：水田と言いますが、水を使わずに田んぼを乾かして種をまいて、芽が出てきたら、水を入れて田植えをした稲と同じような管理をしていくのが乾田直播です。岡山や九州では、麦の収穫後5〜6月に水田を行なう地域もあります。弊社は1年1作、米は4月ぐらいから準備して、9月ぐらいの刈り取りになりますので、基本的には米1年1作です。麦の後に、実は水稲をやっています。周りではそんなことをしている人は誰もいません。契約栽培で、麦の後の水稲もつくってくれないか、と依頼されます。若干収量が落ちるのは、どうしても適期を少し外さざるを得ないからです。5月中に植えたいのですが、5月末に麦刈り作業になり、麦を刈った後に水田の準備をするので、どうしても6月中旬になります。麦と水稲で2作になり、売り上げは1作より大きい。基本的には麦の後にキャベツを栽培します。乾田化も図れているので、畑作物を作ります。水田の後は一旦乾かさないと、うまくいかないケースもあります。麦の後は、圃場も乾いていますのでキャベツも土がなじりやすい。

北折：低コスト化、労働時間削減など、経営体として良いと思いますが、個人のモチベーションとかメリットはいかがですか。

福原：会社の売上目標があり、その中で作業を受け持っている自分が目標を立て、その目標を達成できたという喜びがあります。目標を達成できて、会社に良い意味でのプラスをもたらしているのであれば、ボーナスでその見返りを出しています。やはり社員にはそういった頑張りがいも必要です。

小野寺：主食用米でたくさんの品種、加工用米で酒米と餅米と、生産されているが、これらの生産技術はどう高めているのか。弊社は、秋田県大潟村で農家と一緒に農業を行っています。あきたこまちに加えて多品種への拡大を検討していますが、農家側から違う品種に対する抵抗感があり、どうやっていろんな品種をコントロールしているのか。

福原：売り上げをいかに上げるかという、情報共有がどこまでできていますか。どうして品種を変えるのかということ、従業員と経営者が共通認識することから始めてはいかがですか。弊社は、需要があるものを作ってきたので、その中でもいろいろ選択をしながら、できるだけ一般の米の価格が下がっても、安定取引ができる顧客と関係を継続してきました。経営が安定するので、その中で相手が何を要望しているのかです。新品種が出てくれば、試験的に生産して実需者の方に試して頂く。「これだったらいけるよ」となれば、当然品種を変えて、収量性の良い、食味の良いものに変えていくべきです。売り上げが増え、使う側にもメリットが出る契約ができてくれば、信頼関係も深まります。そういった全体的な情報を、経営側と現場の作業者が共有していく必要があります。

【フリートーク】

藤井：フクハラファームでは、自動のトラクター、耕運機などを今後導入する予定はありますか。

福原：今後、区画がさらに大きくなるならば、導入する可能性はあります。例えば、深尾教授が紹介したキャベツのAIの収穫機は、実験ほ場として協力して「こういうものがあれば良いな」と感じました。まずは収穫機を導入してかなり人員が減らせました。人による作業では、キャベツに損傷を与えて収品率が落ちるので、機械化で収品率を上げられれば、導入コストも回収できます。全て効果的というわけではなく、ロボットトラクターなどはマスコミで騒がれていますが、まだコスト回収は難しいでしょう。完全自動でロボットが動いて、省人化できるわけではなく、2台の機械を1人で動かすことも手間がかかり難しい。自動直

進などの完全ロボット化以前の自動化を導入するなど、必要なところだけ活用していきたい。今年、自動田植え機を2台導入しました。慣れた作業者でなければできない作業が、簡単な操作だけ身につければ、1年目の作業者でもできるようになります。熟練者は別の作業に従事できるので、すぐに効果が出て普及が進むと思います。

深尾：農水省は、この問題を過度に考えすぎています。自動車の自動運転で認められていることも、農業ではまだ認められていない。例えばロボットを近くで人が管理しなければいけない、などの点は変更していく動きはあります。農地に人が入ってきたらどうするのか、という問題がありますが、実際には可能性は少なく、心配に心配を重ねた規制になっています。そこで、変えていこうという機運が高まっています。キャベツ収穫機も、売るには規制の変更が必要です。後方に乗員が必要で、無人での走行は現在認められていない。

生源寺：トラクター関係は、政府の規制改革推進会議で論点になっています。

河内：現在論点になっているのは、トラクターの後方にアタッチをつけてけん引するものです。つけたままでは公道を走れませんが、その規制をどうするかを、国土交通省（以下、「国交省」）、規制改革推進会議と農水省が検討しています。ケース・バイ・ケースで認可される方向ですが、ブレーキランプの装着、横幅の確認できる目印の義務化、さらに作業機の後方の作業車のブレーキ装着などが付加されます。ほ場以外の公道の走行では、社会的な合意形成のために、このような規制が必要です。

生源寺：農作業は事故率が高くかつ死亡事故の割合も高いので、自動化・ロボット化による危険な作業の回避、作業者の安全確保との観点で進めていく意義があると思います。

河内：愛知県は、自動車の自動運転で先進的な取り組みをしており、農業のロボット化も現場での取り組みを見せることができれば、発信としては意義がある。当地の実証を通じて、「規制をこのように緩和・変更して欲しい」と言えればよいと

思います。

深尾：SIP（戦略開発会議）の2期では、機械のほ場間移動の方法をワーキンググループで検討しています。5年はかかりますが、既存の課題に対応したシステム開発が進んでいます。

河内：スズキ株式会社の軽トラックは、公道を走るという前提で開発が進んでいますか。

深尾：進んではいますが、許認可において農道と一般道で判断が変わります。国交省が管理する一般道は、2017年から無人運転が認められている。一方、農水省が管理するほ場は、人が近くでついて行く必要があります。低速走行しており、現在の技術では簡単に止められますが、認められていません。自動車では一般道30km、高速道路100kmで走行していますが、農業用の自動運転では時速3～4kmで、ほぼ事故の可能性は無いが、認められていません。

河内：農道は市町村が条例で規制できるので、条例で、農作業用の道として、普通車の侵入を禁止しているケースもあります。

深尾：自動車の自動運転は、社会重要性が高く合意形成しやすいので、農業も必要性を社会にアピールしていくことは大事だと思います。

河内：農作業機のほ場までの運搬は大きな問題で、公道の自走、運搬車への積載、両方ともまだ課題があります。農業用ドローンは、農薬散布やセンシングなど、用途ごとに規制緩和が進んでいます。監視と操縦者で2人必要でしたが不要となり、散布できる農薬の種類も増えています。

深尾：散布できるのは、風速3m/s以内でしたが、もう少し強風でも大丈夫なように開発しています。ドリフト（農薬が風で飛び散る事）が起こらないように、散布方法を変更できるドローンを開発しています。

河内：深尾教授が指摘するように、規制緩和や開発を進める人材の不足が、大きな課題です。農水省としては10年前から技術開発を進めていますが、普及のためには、規制緩和など広範な施策が必要です。

深尾：北海道をはじめとして、日本の農業の現状

を考慮すると、ここから先は10年かけるわけにはいかず、規制緩和や商品化を加速化して進める必要があります。北海道でキャベツの収穫機は6台導入されたのですが、昨年は作業不足で稼働できませんでした。機械への乗員や周りの作業のため、1台稼働させるために6人必要です。6台なので36人の作業が必要ですが、その人が集まらない。植えても、収穫期に集まらなかったら廃棄せざるを得ず、去年から深刻な状況です。

河内：鉄のコンテナに入れる野菜は、加工業務用です。市場へ出すカット野菜は、段ボールに詰める作業が必要になる。

深尾：最近では、機械の改良で人がやるよりも、きれいに切れます。キャベツのお尻も切れるのですが、市場に出すものは、その後に段ボールに入れる必要があり非効率なものが多い。北海道鹿追町では、1人の運転手が、2～3時間かけて段ボールをトラックに積んだ後に運転しています。

河内：ロボット、自動化を考えたときに、栽培をいかにマッチさせていくかという事が課題です。本日の講演でのジョイント栽培、水田への水供給なども同様です。

生源寺：野菜を生鮮品として出荷する場合も、段ボールに入れられない方法も、今後あり得るということです。

深尾：キャベツでも、黒い点があるだけで商品にならず、数%あったらコンテナごと捨てられます。出荷基準が厳しすぎるのも課題です。

生源寺：フクハラファームのように、契約販売であれば、既存の流通スタイル以外の梱包もありますか。

河内：農産物に見栄えや大きさなど、農協に出す場合は規格があります。契約栽培で直接販売の場合は、品質上の基準が交渉次第ではあります。

福原：契約先から、大きさや重さの基準は提供されますが、アバウトにやっている部分もあり、あまりに厳しいと対応するのも大変です。生産者は、そろった品質の農産品を作れるように、生産技術を高めていく必要があります。水田の場合は、水田転換で対応せざるを得ないケースがあり、土が

細かくなならないなどの課題が出てくる。現場でクリアしづらい部分があり、規模を増やせないのは、一番は気象条件です。ほ場のどこでもキャベツができる状況ではなく、連作しているキャベツもやっぱり当然まずいので、3年に1回はローテーションが必要です。変な病気が出ると取り返しがつかないことになるので、栽培可能な面積も限られてきます。

藤井：独立した米作農家、製造業とかサービス業の従業員と比較して、フクハラファームの従業員の収入はどれくらいですか。年齢ごとで違いはありますか。

福原：年齢よりも力次第だと思います。実力の世界なので、10年勤めれば500万円、20年勤めれば700万円、とは決まっていない。5年目で1,000万円の収入がある人もいます。弊社従業員の平均収入は500万円弱ですので、一般の企業に負けていませんが、弊社より高い所得のある生産者もいるでしょう。

北折：規制緩和のために、特区である地域だけ条件を緩めるケースもありますが、深尾教授が一番やりやすい特区はどのような形ですか。

河内：愛知県の特区は、道路交通法などで、禁止されていることを実証するための特区です。農機でも、自動車でも、走る上では同じ規制がありますので、相通ずるところがあると思います。

深尾：農水省も、規制が少し厳し過ぎたということは考えていて、変えていこうとしています。企業は特区の実証で実用化できても、ビジネスの成算を考えて、自動車に比べて消極的です。フクハラファームや北海道のほ場で実証して成果は上がりましたが、もっと長い時間、複数台で実証できれば良いと考えています。

河内：果樹をジョイント方式に改植すれば、普通の補助率よりも良い条件になります。現在普及しているのは100haですので、更なる拡大のために、何が必要かを考える必要はあります。

柴田：予算は認められなかったり、順番待ちが長かったりするようです。全体の中の一部なので、少し遅れ気味と聞いています。また、新しい栽培

で施設への初期投資がハードルになっています。支柱や構造物には補助がありません。補助には支柱も含まれているようですが、十分ではありません。

無収益期間に対する補助が、10a 当たり55万円あり、初期投資もかなりカバーできると思います。広島県の世羅町の場合は、基盤整備まで補助事業となり、市町村や農協からの補助を加えると、農家の負担は5%で済みます。

河内：果樹については、農地中間管理事業で果樹の園地を集めて、ジョイント栽培に改植して貸し出す制度ができました。

柴田：そういう情報はあまり共有されていませんが、新技術として補助金が出て、初期投資の負担を緩和できれば変わると思います。

河内：深尾教授に伺います。研究開発を進めるために、国なり公的なところがデータを集めるなど、支援を期待する事はありますか。

深尾：自動車の自動運転では、安全性が競争領域で、協調領域になっていない。道路地図などは各社でより良いものの開発を競い合っています。農業では、市場が確立していないので協調領域として開発できれば良い。野菜の収穫で競争すれば良い。協調と国が決めて、農機メーカーに補助する仕組みを作って頂きたい。先ほどの法規の緩和も含めて、仕組みができれば、急速に普及すると思います。農機メーカーは、自動車に比べて研究開発の人員が脆弱です。自動車と違い、開発のグループ会社もない。自動車関係の会社を集めて、共同開発などができれば進むと思います。自動化については、労働力不足ですが、関係者はまだ競争領域と考えています。

河内：自動車はSIPの1で、協調領域を進めていました。農業は、SIPの2で、協調領域、競争領域の議論があるわけですか。

深尾：今進みつつあります。安全性への心配を取り払うために、関係の全てのデータを集めるという議論です。背景が緑色のところ、他の色のところ、膨大なデータを集めなければ、ディープラーニングがうまくいかないかもしれない。そのよう

な事は共通で進めてもよいと思います。「開発できた技術を、世界に売っていきましょう」といった気概でも良いかなと思います。

生源寺：農研機構は、そのあたりの問題意識を持っていると思います。個別の開発よりも、フレームワークの議論を深める必要があると思います。

深尾：最近、農水省の関係者は積極的で、「何でも変えていっても良いよ」と言っています。それぐらい人がいないというのを実感されています。10年前には成功率が80%でしたが、現在はキャベツの認識も失敗しないし、相当レベルが高い。人間がやるよりは圧倒的に良いですし、安全性も考慮されています。センサーも自動車向けと共用でき安くなるので、人がいなくなる前に何とかしておかないと、復活は難しいと思います。