

特集 《人工知能》

ルーラル・ナレッジマネジメント ～ 学習する産地を目指して

NEC ソリューションイノベータ株式会社 島津 秀雄
慶應義塾大学 環境情報学部／医学部（兼任） 神成 淳司



要 約

筆者らは、「産地」を単位としたナレッジマネジメントとしてルーラル・ナレッジマネジメントの方法論と実現方法を研究開発している。産地では、多数の生産者が、特定の作物を同一ブランドで全国に提供している。ブランドを維持するためには、熟練生産者や指導員から若手生産者への技術やノウハウの継承がとりわけ重要である。ルーラル・ナレッジマネジメントは、圃場でも「インターネットに接続されたスマートホンや携帯電話が一人に1台」の環境が実現しつつある中、産地内の意思疎通やノウハウの共有を促進する仕組みを提案するものである。本稿では、農作業をIT機器を使って分析し、そこに表出する気づきをもとに熟練生産者のスキルを形式知化する手法とその有効性について紹介している。また、生産者のスキルを知財化するための国の施策についても紹介する。

目次

1. はじめに
2. 人工知能研究とナレッジマネジメント
3. ルーラル・ナレッジマネジメントの方法論と実現
4. 農業に関わるデータや知財の扱いに関するガイドライン
5. 形式知から知財への変換
6. まとめ

1. はじめに

世界各国は、農業に対してそれぞれ異なるアプローチをとってきた。米国は、徹底して多様性を排し、規模の経済と農薬・肥料・F1種や遺伝子組み換えなどモノカルチャー（単一作物を連作する）が主流な大規模農業を推進している。一方、オランダなど農業先進国は、農業の知識産業化により、自国農業で培ったノウハウを世界中にサービス産業として輸出しつつ導入先圃場の栽培データを自国へ還流し農業生産性の向上に役立てるというビジネスモデルを確立している。

複雑な地形の国土を持つ日本では、産地の多様性という意味で特殊な農業形態が発達している。産地の環境の違いに基づく適地適作が推進され、研究機関で開発した技術のみならず、各地域の公設試験場の普及指導員や農業協同組合（JA）の営農指導員の現地に密着した活動により、経験豊富な生産者の知識や技能を集積し、地域ごとに多種多様な栽培管理上の工夫をすることで日本の農業を支えてきてきた。しかし、生産者

の平均年齢が65歳を超える中、10年後には、大半の農家が引退し離農することが予想され、これらの知識や技術、ノウハウの蓄積や継承は喫緊の課題である。その一方、農業への期待が高まる中、若手や転職してくる新規参入者が徐々に増えてきているが、現場では新規参入者を育成する指導者層の不足が大きな問題となっている。平成25年度食料・農業・農村白書では、持続的で力強い農業構造を実現するためには、基幹的に農業に従事する者が90万人必要と見込んでおり、これを65歳以下の年齢層で安定的に担うには、青年層の新規就農者を毎年2万人程度確保していく必要があると見込んでいる。そのためには「青年就農給付金」などの資金的な助成のみではなく、農業生産において優れたスキルと経営感覚を持っている生産者を育成することが重要である。平成27年6月にIT総合戦略本部が決定した「農業情報創成・流通促進戦略」においても農業の産業競争力向上の一つとして、新規参入・担い手農家の早期育成が取り組むべき目標として挙げられている。

ICT（情報通信技術）は、これまで他産業で指導者不足の問題を緩和し、人材育成をより効率的かつ効果的に実現してきた実績がある。製造業においては2000年代初めに熟練者が多数離職することによる技能伝承の問題が2007年問題などとして取り上げられ、多くの取り組みが行われた。例えば、筆者らはミシン

縫製作業時の熟練者と非熟練者の動作を記録、比較することによって分析する研究(山口 2002)を行い、ビデオカメラなどを用いて動作をパターン化することでその差異を見出せることを示している。製造業の組立て作業などの技能習得では、対象となる製品・部品や周囲の環境も一定であることが仮定でき、基本的には作業者と対象の関係性のみ注目して記録・分析を行うことで技能伝承が可能であった。これに対し、農作業では、気象や土壌など周囲の環境や植物状態が作業ごとに異なる中で、作業者は高度な判断のもと一定の品質の作物を生産するための作業を行っており、単に作業者の動作のみを記録、比較するだけでは不十分である点が、これまで、形式知化、コンテンツ化を困難なものとしていた。

しかし、2000年当時と今日では、ICTの環境が大きく変化している。特に、当時は高価だったセンサーが低価格化し、農業現場での活用が現実的になったことと、通信コストの広帯域化、低価格により常時接続が普通になり、産地などの集団の「集合知」の活用が現実的になってきたことが、この領域の進化を促しているといえる。例えば、センサーによって植物の生体情報を計測し、その計測結果に基づいて植物の生育診断をし、施設内の環境制御を行う技術(Speaking Plant Approach)(高山 2012)の発展により、作業者の行動だけでなく周辺環境や植物状態についても記録することが現実的なコストで可能となってきている。また、神成らのAI(アグリインフォマティクス)システムに関する研究開発(神成 2013a)では、篤農家にアイカメラやモーションセンサーを携帯してもらい篤農家の観察ポイントや気づきを時々刻々記録し、大量の事例として蓄積、分析することで、個別の事例の中での行動のもととなる判断を分析する方法を提案しているなど、多様な外的環境を克服する可能性が高まり、農業分野においても、ICTを利用して指導者不足の問題を解決することへの期待が高まっている。

1990年代後半に世界の先進企業で一斉にナレッジマネジメントが注目された(野中 1990)。ナレッジマネジメントとは、ICTの活用により、ホワイトカラーの暗黙知(頭の中に保持している言語化しがたい知識、経験、ノウハウ)を形式知(マニュアルやツールのように別の人と共有化できる形式に明文化した知識や技能)に変換して、企業内での意思疎通、情報共有を推進し、企業の力を高めることである。1990年代後

半は、先進企業のホワイトカラーの「現場」であるオフィスで「イントラネットに接続されたパソコンが一人に1台」の環境が整いつつある時代であり、この新たに出現した環境をどう最大限に活用すべきかを指南したのがナレッジマネジメントの研究者たちだった。

筆者らは、「産地」を単位としたナレッジマネジメントをルーラル・ナレッジマネジメント(ルーラル KM, Rural Knowledge Management)と名付け、その方法論と実現手段を研究開発している。農業技術の継承の観点では、日本の農業では「産地」をナレッジマネジメントの組織の単位と考えるのが適当である。産地は、数百人の生産者が、同一ブランドで全国に提供できる量を同品質で出荷する共同体である。また、産地が所属する県の公設試験場の研究員や普及指導員、産地に存在するJAの指導員が産地の指導を精力的に行っている。産地には、産地特有の品種や産地独特の気候や土壌の特性によって技能そのものに特殊性がある場合があり、ブランドを維持するためには、熟練生産者や指導員から若手就農者への技術やノウハウの継承がとりわけ重要である。1990年代後半にホワイトカラーのナレッジマネジメントが注目されたように、今日、農家の現場である圃場で「インターネットに接続されたスマートホンや携帯電話が一人に1台」の環境が実現しつつある中、農業におけるナレッジマネジメントが実現される素地ができつつある(神成 2015)(島津 2015)。

さらに、この分野の進化を後押しするのが、農林水産省が平成 27 年 5 月に策定した「農林水産省の知的財産戦略 2020」(農水省 2015)であり、それに続く内閣官房情報通信技術(IT)戦略室による「農業 IT サービス標準利用規約ガイド」(2016 年 3 月)(内閣官房 2016)、農林水産省と慶應義塾大学 SFC 研究所による「農業 ICT 知的財産活用ガイドライン」(2016 年 7 月)(慶応大学 2016)である。これらのガイドラインは、生産者の知恵を ICT で知財化していくうえでの生産者や自治体、IT ベンダーなどの利害関係者間の権利についてのあるべき姿を規定したものであり、これらのガイドラインによって、生産者の知恵が勝手に盗まれるのではないかという生産者不安が払しょくされ、今後農業分野でのナレッジマネジメントが進むと期待される。

本稿の構成は以下の通りである。2 節で、人工知能とナレッジマネジメントの関連技術の紹介をする。ナ

レッジマネジメントは、人の知識を扱う点で、人工知能研究の成果を利用しており、2節では、特にルーラル KM に関連する人工知能技術を紹介する。3節では、ルーラル KM の方法論と実現手段を紹介する。4節では、農業に関わるデータや知財に関するガイドラインについて紹介する。5節では、農業に関わる知恵から具体的に対価を得られる知財の形にして販売する方法を紹介する。6節では、まとめを行う。

2. 人工知能研究とナレッジマネジメント

人工知能は、人間の行動や心的状態を計算機上でモデル化する学問領域の1つとして1950年代後半に米国を中心に始まった。研究当初は、人間が楽しんでいるチェッカーのような簡単なゲームをコンピュータに実行させるような問題から始め、それらが比較的簡単に実現できたため、研究者たちは、人間の活動全般のコンピュータへの移植は、比較的短期間に可能だろうと楽観的に見ていた。1970年代から80年代にかけては、医者や弁護士のような専門家の仕事を代替することを目標にしたエキスパートシステムや、自動通訳、機械翻訳の研究開発や商用化が隆盛の時代だった。エキスパートシステムは、図1に示すように、人間の専門家の仕事を専門家からインタビューして専門家の持つ知識をルールで表現して、コンピュータがそれらのルールをシミュレートするプログラムである。プログラムは、推論エンジンとルール群が格納された知識ベースであり、推論エンジンが知識ベースを使って推論を行う。ルールは、「もし…ならば…」という形式の自然言語の規則で表現される。図1は、外来雑草の種類を特定するシステムの例である。このシステムに、持ち込まれた外来雑草の特徴を入力すると、推論エンジンがルールベースを検索して、入力にマッチするルールを起動して、徐々に候補を絞り込んでいく。例えば、持ち込まれた種子の形が半球状だったとすると、オオイヌノフグリ、セイヨウアブナ、タチイヌノフグリ、フラサバソウの4つの可能性に絞り込まれる。さらに発見した生息地や、発芽した温度域についてわかれば、さらに絞り込みが進む。

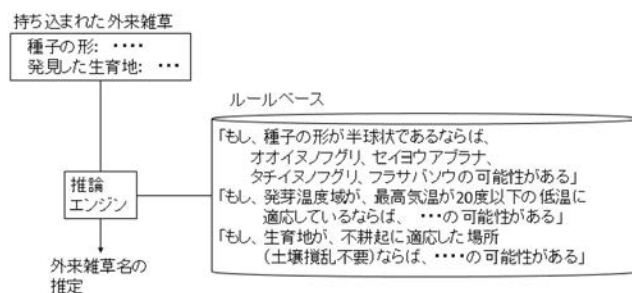


図1: エキスパートシステムの構成

エキスパートシステムは、対象とする問題領域が十分整理されている場合は、ルール作成が比較的容易だったが、そうでない場合は、問題領域の整理から始める必要があった。また、人間の思考過程では、知識がこのようなルールの形式をしていないという批判があった。

1982年から1993年まで、日本でも通商産業省の第5世代コンピュータシステムプロジェクトが大規模に実施され多くのエキスパートシステムが試作されたが、当初の楽観的見通しに比べ、研究を進めるほどその困難さがわかってきて「AI冬の時代」と呼ばれる時期に入った。その原因の1つとして、1980年代までは、人工知能が孤立して存在していたことがあげられる。当時の人工知能プログラムは、コンピュータルームや研究室の奥に設置されているスーパーコンピュータやエンジニアリングワークステーションでしか動作できなかったし、他の情報システムとつながっていなかった。また、知識の表現方法として、専門知識を提供する医師や弁護士とルールを作成するエンジニアが別であるため、専門知識のルール変換が容易でなかったことがある。

1980年代には、人間の思考を模した問題解決のモデルとして事例ベース推論 (Case-based reasoning, CBR) (Schank1982) (Kolodner1993) が登場した。CBRは、人間は、新しい問題を解決する時に過去の類似問題とその時の解決方法 (成功事例, 失敗事例の両方) の経験を思い出しながら、目の前の問題向けに調整して解決方法を編み出し、実際に適用してみて成功したときは、それを新たな成功事例として記憶するし、失敗したときはどうして失敗したかを考えて失敗事例として記憶する、ということを繰り返しているのだから、人工知能でも同様な推論方法を実現すべきだという理論である。図2にCBRの概念を示す。CBRでは、ルールベースの代わりに具体的な事例が格納さ

れた事例ベースと CBR 推論エンジンから構成される。CBR 推論エンジンは、問題が与えられると、類似の事例を事例ベースから検索し (①)、それを变形して (②)、実際に適用してみる (③)、うまくいったかどうかの評価を行い、その成否によって、成功事例または失敗事例として事例ベースに追加する (④)。CBR の性能は、事例ベースの量に依存する。過去の事例が多ければ多いほど、与えられた問題と類似の事例を見つけることが容易になり、变形作業も簡単になっていく。CBR では、専門家が経験した事例がそのまま使われるので、エキスパートシステムで問題だった専門家とルール作成を行う技術者が分離している問題は解決されている。CBR は、私たち自身の問題解決作業と近く親近感を持ちやすい。例えば、礼状やプレゼン資料を作成するときに以前作成したものをひな形に使うとか、学習塾で受験生に過去問題を沢山勉強させて、入学試験本番の問題が出てきたときに、それと類似の過去問題の解法を思い出して問題を解かせる方法は、人間版 CBR である。しかし、CBR の全過程をコンピュータにやらせようとするとき非常に難しくなる。ナレッジマネジメントでは CBR がしばしば利用されたが、実用的に使われているものの多くは、事例検索フェーズまではコンピュータで行い、その後の变形や適用は人間が行うというものである (Nguyen1993)。NEC でも、ソフトウェア開発におけるノウハウ事例の集積 (SWQC 推進活動) やカスタマーサポート組織におけるお客様からの製品クレームと解決事例システムなどのシステムを開発し社内で共有化する活動を推進したが、これらのシステムでも事例検索のみをコンピュータ上で実現している (北野 1996) (島津 1994)。

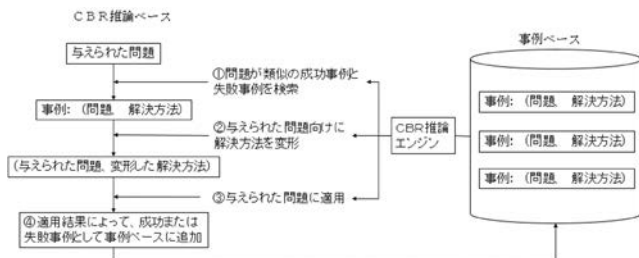


図2 事例ベース推論の構成

1990 年代に入ると、ハードウェアの高性能化と低価格およびインターネットの普及により、人工知能の適用範囲が広がった。例えば、ナレッジマネジメントの要素技術として情報検索や事例ベース推論が利用されたし、データウェアハウスの普及には、データマイニ

ング、テキストマイニング、ニューラルネットワークによるパターン認識技術等が寄与している。21 世紀に入り、更にインターネットの普及が加速した。インターネットは、大量の非構造、半構造型データの集積であり、人工知能の機械翻訳や自然言語対話の研究成果が使われ、インターネットの利用頻度を飛躍させる場面が多数出現した。代表的な応用例としては、検索エンジンや対話エージェント等がある。一方、インターネットの普及により大量のデータが容易に収集できるようになったため、収集された画像や音声データを使って画像認識や音声認識の精度が飛躍的に向上するという相互に進化を促進させている。

最近非常に注目されているディープラーニングも、そのアルゴリズムの起源は 1980 年代のニューラルネットワークに由来する。Fukushima らにより提案された畳み込みニューラルネットワーク (Fukushima1982) は、当時の計算機能力ではネットワーク規模もパターン認識アルゴリズムの為の学習データ量にも限界があったが、Google の研究者らが 2012 年に行った大量の画像からネコの概念を自動的に抽出したという研究 (Google2012) (Le2012) では、1000 万枚の画像を使って 9 層のニューラルネットワークを学習させて実現している。このハードウェア性能の飛躍的な向上の要因は、ゲーム機の高性能化により GPU (画像処理用並列処理プロセッサ) が小型高性能化、低価格化し、GPU を容易に使えるようになったことであり、1000 万枚の画像は YouTube にアップロードされた画像データを使用している。このようにディープラーニングは、人工知能のアルゴリズムは 1980 年代の手法が基になっているとしても、当時は不可能で、今日でこそ可能になった様々なこと (ハードウェア、学習用のサンプル画像の取得など) を組み合わせることで飛躍的な発展を実現したという好事例であり、今でこそ得られる技術の成果を効果的に組み合わせるといふ考え方は、今後、農業を含む様々な分野に ICT を適用していく際に非常に重要である。

3. ルールル・ナレッジマネジメントと農業技術の継承

ルールル・ナレッジマネジメント (Rural knowledge management, ルールル KM) は、数百人の生産者が参加している産地での意思疎通や情報共有、技能継承に ICT を活用することでより効果的にすること

を目的としている。

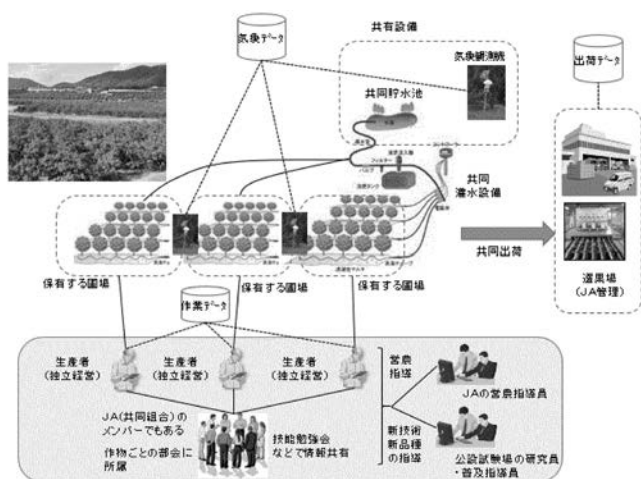


図3 産地の構成員と資産

図3に示すように、産地の中の生産者は、一人ひとりが個人経営者であり、同一の作物を作っている、産地のJAの買い取り価格は、それぞれの品質によって異なる点では互いに競争相手とみなすこともできる。一方、産地内のインフラ（例：選果場など）は共用しているし、設備群（例：貯水池、気象センサーなど）は共有のものや私有のものが混在しており、その管理や運営を協力して行っている。また、新技術や新品種への学習や病害虫対策などでは、構成員がまとまって、公設試験場の普及指導員やJAの営農指導員からの指導を受けることで情報や知識の共有をしている。このように、産地の構成員は、産地のブランド（品質、量を含む）維持のために様々な形で協力しあっており、産地という共同体は、あたかも独立性の強い複数部門を持つ企業と類似している。

ルーラル KM では、図4に示すように産地の様々な知識や情報を3つに分けて管理する。第1は、営農に関するデータ管理であり、圃場環境、灌水情報等の状況、作物の生育状況、作業状況など日単位、時単位に変化するデータが含まれる。第2は、コミュニケーション情報の管理である。そこでは、産地の構成員のコミュニケーション支援が重要な要素となる。従来だと対面や電話の会話で生育状況や病害虫情報などをやり取りしていたが、そこには貴重な情報がたくさん含まれていたにもかかわらず、その場で記録されことなく消えていた。しかし、最近では、若い構成員を中心にSNSや電子メールのコミュニケーション手段を使って疑問や気づきの情報交換をする場面も増加しつつある。そこでこれらのやりとりを蓄積して再活用す

るのがコミュニケーション支援である。第3は、技術・技能に関するナレッジマネジメントである。産地は企業と類似していることから、ルーラル KM では1990年代にホワイトカラー向けに提案された企業向けのナレッジマネジメントのモデルを導入している。

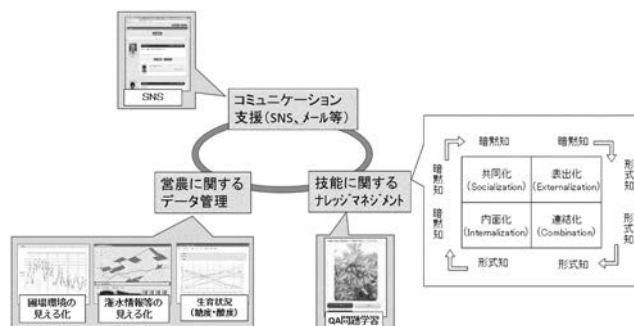


図4 ルーラル KM での知識や情報の管理

ナレッジマネジメントモデルの1つが、野中と竹内によるSECIモデル(野中1996)である。SECIモデルは、組織の構成員が自身のもつ経験知を暗黙知から形式知に変換し蓄積して再利用することを繰り返すことで、組織自体が継続的に学習していく状態をモデル化したものであり、図4のように、表出化、連結化、内面化、共同化のフェーズから構成される。頭の中に保持している言語化しがたい知識、経験、ノウハウなど(暗黙知)を第三者が共有できる形(形式知)に書き下す(表出化)。第三者はそれらの形式知を組合せて(連結化)自己のものとして理解し(内面化)、それを新たな機会に暗黙知として継承する(共同化)。今では一般的に使われるようになった暗黙知、形式知という言葉は、このモデルで初めて提起された概念である。

ルーラル KM では、SECIモデルを基にして、「学習する産地」の定義をしている。学習する産地は、図5に示すように、専門家や熟練の生産者が自らの技術や技能の模範を示し(表出化)、それを本人または第三者が効果的に学習できる形式にして記録する(連結化)。新規就農者や若手生産者は、それらを学んで実際の場面に適用し、繰り返すことで理解が深まり(内面化)、今度は、新規就農者や若手生産者が指導者の立場に移行する中で、彼らの暗黙知が新たに追加されていく(共同化)ことで、産地のナレッジマネジメントのサイクルが繰り返されていく。

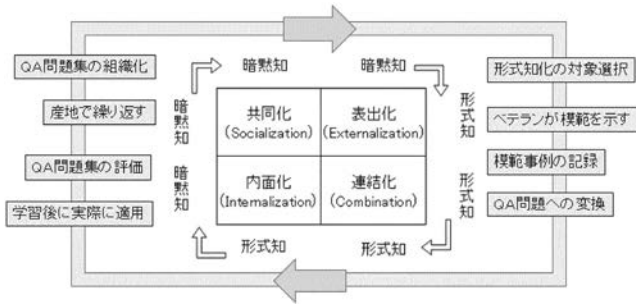


図5 学習する産地のイメージ

ルーラル KM での各フェーズの設計方針と具体的な実現手法について説明していく。

(1) 表出化

表出化フェーズでは、産地の専門家や熟練の生産者が自らの技術や技能の模範を示しそれを記録する。このフェーズでの重要な設計判断として、以下の2つがあげられる。

第一は、質と量の観点から、優先的に形式知化する技能を選別することである。質とは、熟練生産者と新規就農者で差が出る作業であること、量とは農作業全般の中での時間的割合の大きさである。質×量の大きい作業から優先的に形式知化していく。図6は、農林水産省が作物別に生産コスト削減戦略をまとめた資料からミカンの部分を抜粋したものである（農水省2011）。図6では、ミカンについて上位3県（静岡、和歌山、愛媛）での平均コストをまとめている。このうち作業別労働時間の欄には、代表的な作業の種類とその労働時間と割合が記載されている。収穫・調製、除草・防除、出荷、授粉・摘果などが上位になる。これは、作業時間に注目したものであり、個々の作業の難易度は考慮していない。熟練生産者にインタビューすると、整枝・せん定、摘果が難しい作業という人が多い。従って、ミカンの場合は、形式知にすべき対象としては、収穫・調製、除草・防除、出荷、授粉・摘果に整枝・せん定を加えるのが適切である。

表2 作業別労働時間 (時間/10a)

| | 静岡 | | 和歌山 | | 愛媛 | | 3県平均注 |
|---------|-----|------|-----|------|-----|------|-------|
| 労働時間 | 221 | 100% | 234 | 100% | 254 | 100% | 100% |
| 整枝・せん定 | 14 | 6% | 19 | 8% | 15 | 6% | 7% |
| 施肥 | 7 | 3% | 6 | 3% | 6 | 2% | 3% |
| 除草・防除 | 44 | 20% | 42 | 18% | 30 | 12% | 16% |
| 授粉・摘果 | 23 | 10% | 35 | 15% | 43 | 17% | 14% |
| 管理 | 24 | 11% | 20 | 9% | 31 | 12% | 11% |
| 収穫・調製 | 73 | 33% | 68 | 29% | 81 | 32% | 31% |
| 出荷 | 33 | 15% | 41 | 18% | 41 | 16% | 16% |
| 管理・間接労働 | 3 | 1% | 3 | 1% | 6 | 2% | 2% |

資料：農林水産省「品目別経営統計」

注：3県平均については、静岡、和歌山、愛媛の10aあたり作業別労働時間の単純平均により作成。

図6 ミカンのコスト構造

出典：（農水省 2011）

第二は、圃場での作業事例の記録とそこでの気づきの収集である。気づきとは（神成 2013b）に詳しいが、ここでは簡単な理解として、収集された作業事例記録中の熟練生産者と新規就農者での作業や判断の相違点である。まず、圃場で様々なカメラを使って熟練者や素人が行う実際の作業を撮影する。撮影後、熟練者や専門家にその映像を見てもらい、多くの気づきを引き出していく。撮影するカメラは、作業者の作業の詳細さの違いを判別するのに必要十分な精度のものを利用する。例えば、熟練者と経験の浅い人の作業の体全体の動きの差を見つけるには、作業中の視野を撮影するウェアラブルカメラが適切であるし、剪定作業中の視点の動きを把握するには視線追跡を行うことができるアイカメラでの撮影が必要である。図7は、ミカン収穫作業での熟練者（上段2名）と素人（下段2名）の差を記録したものである。一定時間での収穫数で3倍の差、すなわち生産性の差が3倍あったが、熟練者と素人の腕や手の動かし方の差はウェアラブルカメラによる記録から容易に判別できる。また、図8にあるように、収穫中に果実の近くの葉を切ってはいけないのだが、素人の作業映像には、大量の葉が切り落とされているのを熟練者が見つけたが、これも気づきの一例である。



図7 収穫時の熟練生産者と素人の作業の差異の表出化



図8 葉を収穫時に沢山切りおとした場面の写真

アイカメラで撮影をすると、図9に示すように、作業者の視線を追跡可能である。アイカメラの記録分析により、例えば、剪定作業をするときに、剪定場所、剪定量、切り方、判断時間、視線位置、緯線移動の6点で上級者と中級者の差異を明確化できる。例えば、視点に関しては、中級者は樹の表面を見ているのに対し、上級者は樹の上下左右、バランス、枝葉をかき分けて内側まで見ている。視線の動きに関しては、中級者は一定の動きをしていないのに対し、上級者は枝にそって動くことがわかる。さらに、差異の理由をヒアリングすることで、実がなる枝をどう残すか、樹の内側まで日光が当たるようになるなど、上級者は数年後の樹形を予測して剪定箇所を判断していることがわかる。一方、中級者の場合は、数年後の樹形予測をせず、一見邪魔に見える枝までも剪定している感じに見える。

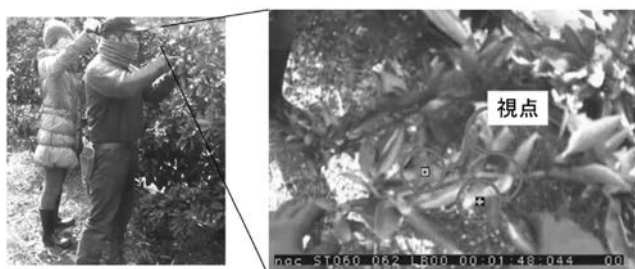


図9 アイカメラによる視線追跡

(2) 連結化

連結化フェーズは、圃場で撮影した事例を効果的に学習できる形にして記録する。このフェーズでの重要な設計判断は、学習に効果的な形式知の表現形の決定である。通常は、表出化の過程で入手する事例をそのまま形式知とするのだが、筆者らは、表出化で入手した事例からQA問題という形に変換して蓄積することにした。QA問題は、図10に示すような、字と写真からなる一問一答型の問題と回答例、ならびにその回答の根拠となる説明から構成される。



図10 QA問題の例

QA問題は、専門家や熟練生産者が自ら作成する。例えば、粗摘果作業を記録中に「粗摘果では、密集している実の中で、小さい実や傷のついている実を積極的に摘果すること」という気づきを確認した場合、実際の圃場で、様々な形態で果実が成っている木を撮影し、そこから「密集している実の中で、小さい実や傷のついている実」が写っている写真を選択して、QA問題の素材とし、次に「どの実を摘果しますか」という問題文を入力し、写真中の「密集している実の中で、小さい実や傷のついている実」の上をタッチして摘果すべき実の正解として記録し、その理由（「密集している実の中で、小さい実や傷のついている実を落とします」）をコメントとして入力してQA問題を1つ作成する。1つの「気づき」ごとに、別の写真を撮影して同類の問題を10問程度作成していく。1つの作業（例：粗摘果）での気づきが5～10程度ある場合、作業ごとに50～100問程度のQA問題の集合（問題集と呼ぶ）が作成されることになる。QA問題の解き方は、図10に示すように、学習者が表示されたQA問題の問題文と写真を見て、回答を入力する。図10は、学習者が写真中の摘果すべき実を選択して印を付けている場面で、回答後に「正解表示」ボタンを押すと、写真上に正解の場所が表示され、解説としてコメントが表示される。「次の問題」ボタンを押すと、類似のQA問題

が繰り返される。

事例を QA 問題形式にする利点は、作成者にとっては、通常の作業として行っている行為をそのまま事例として記録するので熟練生産者自らが容易に作成できる点である。学習者にとっては、単に事例を読むだけの受動的行為に陥らず、能動的な回答行為ができることである。また、学習者がどの問題を正答（誤答）したかをログとして自動的に記録することにより、システム側は学習者の理解度を確認できる。その結果、学習者の理解度が低い場合は、更に類似の QA 問題を学習者に学習させることで、理解度を高めることが可能である。

(3) 内面化

内面化フェーズは、新規就農者や若手生産者が、QA 問題を学んで実際の場面に適用し、繰り返すことで理解が深められていくことである。このフェーズの重要な設計判断は、作成した QA 問題の評価方法である。作成した QA 問題の有効性を評価する為に、作成した QA 問題の内容に関するスキルをまだ習得していない作業者に QA 問題の学習前に圃場で作業をしてもらい、その作業を指導者や熟練者に主観評価で採点してもらう。次に QA 問題を学習し、その後、圃場で再度作業をしてもらい、先ほどと同様に主観評価で採点し、学習前後での主観評価の点数を比較することで学習効果を測定する。主観評価の点数に有為な差があれば、気づきの種類と QA 問題の質や量が十分であったと評価できる一方、その差が小さい場合は、気づきの種類や QA 問題の追加が必要と判断することになる。図 11 は、粗摘果と仕上げ摘果について、素人の作業者に QA 問題の学習前と学習後に作業をしてもらい、それ以外の作業は、熟練生産者が、同じように栽培をした場合の結果の差を示している。左側の表の粗摘果（採点）項目と仕上げ摘果（採点）の列は、熟練生産者、学習前の素人、学習後の素人、を JA の営農指導員が 10 点満点で主観評価した点数である。素人に関していうと、粗摘果で 21%、仕上げ摘果で 44% の採点向上の効果があった。一方、右側の表は、収穫時の買い取り価格とリンクした評価点であり、この評価点は選果場の選果機で客観評価した点数である。こちらでは 9% の評価点の向上があった。この両者の点数の間の相関関係については、一方が主観評価で他方が客観評価であること、また、出荷時の品質に

対して 2 回の摘果作業が与える影響の度合いが不明であること、から明確な説明は困難ではあるが、個々に見ると、素人作業者にとっては、QA 問題の学習による効果があったと捉えることができる。

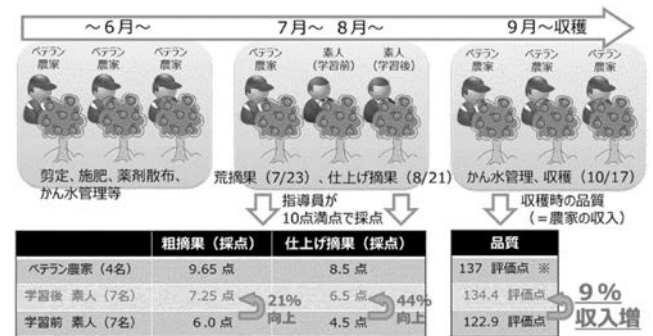


図 11 QA 問題の学習の効果

(4) 共同化

共同化フェーズは、産地の成長とともに、産地のナレッジマネジメントも繰り返されるように推進していくことである。このフェーズでの重要な設計判断は、蓄積されていく産地のナレッジの組織化である。産地では、同一の品目（例：ミカン）を生産しているも、その中の品種については、人気や価格変化に伴って次々と更新していくので、蓄積したナレッジもそれに伴って更新が必要である。さらに、近年のように異常気象が頻繁に発生すると、異常気象への適切な対策の選択と産地内への徹底が非常に重要になってくる。その為のナレッジマネジメントも、今後さらに進化し続けていく必要がある。

4. 農業に関わるデータや知財の扱いに関するガイドライン

農林水産省の策定した「農林水産省の知的財産戦略 2020」(農水省 2015) では、以下の 3 点を重点的に推進するとしている。

- ・ 伝統や地域ブランドの活用：優れた農産物や食品のブランド化を促進するとともに、地理的表示 (GI) 制度の整備を進め、GI 製品の掘り起こしを進めるとともに、外国との GI の相互保護により日本の GI 産品を海外で保護・差別化していく枠組み作りを進めること。
- ・ 種苗産業の競争力強化：新品種が多数海外に持ち出され、潜在的農産物輸出先やロイヤリティ収入の機会を喪失している中、海外での品種登録を促進する一方、東アジア諸国への、UPOV (植物新品種保護

国際条約) 条約への加盟の働きかけを推進すること。

- ・農林水産業の知の抽出と活用： 高品質な農産物を生産するための技術継承が課題であり、ICT を活用し、熟練農家のノウハウ等の形式知化を促進する一方、ノウハウを営業秘密として保護するためのガイドラインの策定・普及を行うこと。

本稿で特に関連が強いのは、3つめの「農林水産業の知の抽出と活用」である。これに関連するのは「農業 IT サービス標準利用規約ガイド」(内閣官房 2016) と「農業 ICT 知的財産活用ガイドライン」(慶應大学 2016) である。図 12 に示すように「農業 IT サービス標準利用規約ガイド」は、農業 IT サービスの提供時、特に権利や義務について、農業者や IT ベンダーがどこに注意して確認する必要があるかを示すことを目的とし、その対象は、契約書およびサービス利用者とサービス提供者との間における取り決めである。一方、「農業 ICT 知的財産活用ガイドライン」は、農業 IT サービスの開発時(農業知財の農業 IT 化)及び提供時に、現場の農業知財の円滑な活用促進と、保護のために、どこに留意して確認する必要があるかを示すことを目的とし、その対象は、主に農業生産者側協力者(知財保有者)と農業 IT サービス開発/提供者との間における取り決めである。一般的にはこれまで農家同士は、技術やノウハウを無償で互いに教えあう文化であり、一時的にアルバイトにくる海外研修生に対しても同じく無償で快く伝えているのが現状である。しかし、これらの技術やノウハウのうち重要なものは、特許や営業秘密として取り扱うことによって知財として対価を得ることができる。今後、農業に ICT が導入されることで、技術やノウハウが、これまで以上に流出しやすくなる危険性がある。そこで、農業分野における知財の ICT 化による活用促進を図るとともに、熟練農家が安心してノウハウを知財化できるよう策定されたのが、「農業 ICT 知的財産活用ガイドライン」である。

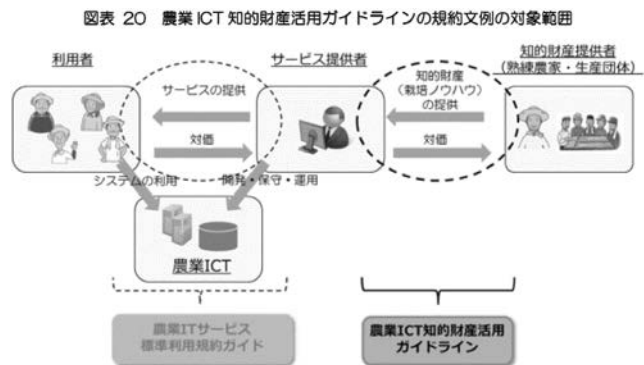


図 12 農業 IT サービス標準利用規約ガイドと農業 ICT 知的財産活用ガイドライン
出典：(慶應大学 2016)

今後、農業 ICT を普及して際には、図 12 に示すように、この2つのガイドラインに沿ってデータや知財を取り扱っていくことになる。基本的には、圃場で取得される各種のセンサーデータ(例：気温、日照など)の所有権は、その圃場の持ち主である生産者に帰属し、その利用については、生産者と利用希望者の間で取り決めをする。生産者の技術やノウハウを暗黙知から形式知化した知財物については、生産者と変換を行った実行者(例：IT ベンダー)の共有物とするが、その共有の割合は、当該知財物の価値ならびに暗黙知から形式知への変換に伴う労力に応じて協議して決定する。本稿のルーラル KM に関係する知財の例としては、図 13 に示すように、ある産地で作成された知財は、産地の中では共有化するが、他の産地には展開させない、あるいは、展開する場合は有償化する、という例が示されている。このような知財の流通制御の仕組みを提供するのはサービス提供者(例：IT ベンダー)であるが、流通制御のルールは、生産者とサービス提供者との間で取り決めされる。なお、ガイドラインは、本稿の主題である技能やノウハウをどのように形式知化すべきかという手法に対しては規定していない。そこは、個々の生産者や IT ベンダーが工夫して、より付加価値の高い知財を目指していくべきところである。

図表 22 知的財産の開示範囲の考え方

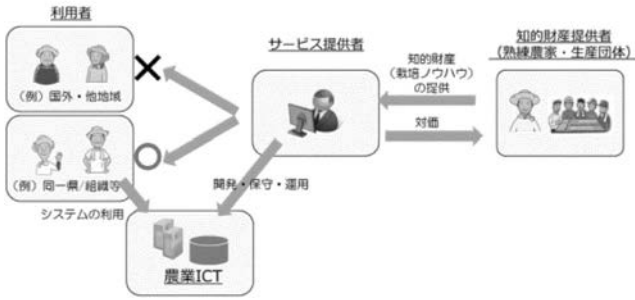


図 13 知的財産の開示範囲の考え方 出典 (慶應大学 2016)

5. 形式知から知財への変換

ルーラル KM で形式知を蓄積する目的が産地内の技能継承のみに限定する場合は、これら形式知を知財として対価を得る為の形に変換する検討をする必要はないが、蓄積した形式知を使って第三者から対価を得る為には、形式知から商品への更なる変換が必要である。商品化の選択肢としては、営業秘密として扱う方法と特許として権利化する方法がある。

営業秘密として扱う場合の第1の方法は、コンサルティングビジネスである。例えば、特殊な栽培技術のような知識を秘匿化しておき、専門家による農業指導サービスを顧客に時間単位に販売し対価を得ることである。その際、顧客に渡すマニュアルや指導要領などを勝手に複製して第三者に渡さないよう契約で縛りを入れる。第2の方法は、形式知をクラウドで提供する診断サービスへ組み込み、顧客からサービスの利用料金を徴収する方法である。例えば、本稿で示したQA 問題集を、産地から門外不出の問題集と外販をしてもよい問題集に分離し、前者は産地内でしか公開しないが、後者については、他の産地を含め、外販をする方法がある (図 13 の実現例)。

一方、特許で権利化する方法は厳格に保護できるが、形式知化されたノウハウのような目に見えないものを特許で権利化することは、物理的に形が存在するモノの特許化より困難なことが多い。そのために、ノウハウを形のあるモノと結び付けて装置として特許化させることがある。その方法の一例を示す。

図 14 は、生育途中のミカン果実の固さを模したシリコン製のボールの固さを少しずつ変えて数珠繋ぎにした硬度計 (水分チェックボール、三重県農業研究所紀南果樹研究室開発) である (須崎 2011)。使い方は、圃場で本物の果実と水分チェックボールを同時に手で握り比べることで、果実の水分不足状態の程度を判断

する指標とする。水分チェックボールの硬度の時系列による変化と果実への灌水タイミングの相関データを診断用テーブルとして内蔵したプログラムをスマートフォンで実行させておき、圃場で生産者が水分チェックボールのデータを内蔵プログラムに入力すると、内蔵プログラムが灌水すべきタイミングであると判断した時に利用者にそのことを通知する仕組みを作ることができる。筆者らは、この水分チェックボールと内蔵プログラムをあわせて灌水診断装置として特許作成した。従来は、形のあるモノを作ることはコスト的に容易でないため、このような手法をとるのが難しかったが、今日では 3D プリンターの出現により形あるモノの開発がはるかに容易になったので、今後は、ノウハウを形あるモノに組み込んだ形での特許取得が潮流となる可能性がある。

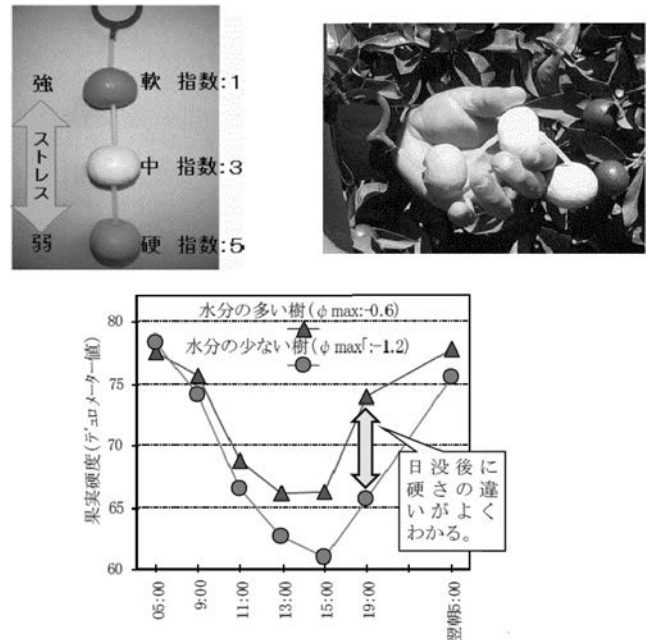


図 14 水分チェックボール (上左), 使い勝手 (上右), 灌水タイミングの判断指標 (下)

6. まとめ

本稿では、圃場で一人1台のスマートフォンや携帯電話の時代が到来し、農業分野でも ICT の活用が急速に広がる状況を踏まえた動向について紹介した。特に、1990 年代後半にホワイトカラーの現場であるオフィスで「一人に1台のパソコン」の環境が到来したときに、その活用を巡って、様々なナレッジマネジメントの研究開発が進展したように、今後、農業分野でのナレッジマネジメントでも大きな変革が起こると予想される。筆者らが提唱するルーラル・ナレッジマネ

ジメントは、日本の産地を農作物の生産拠点としてだけでなく、農業の知財生産の生産拠点としてとらえ、ICTで「強い産地」を作っていく試みとして、今後もその方法論を進化させていきたいと考えている。

強い産地を作ることで、国内農作物の輸出を促進していくことに加え、将来的には、栽培技術を、東南アジアをはじめとする海外にライセンス供与し、日本の高品質な農作物を海外生産するリモート産地の形態も、今後のもう1つのあるべき姿である。日本は、高温多湿のモンスーン気候である点で東南アジアのそれと類似しており、日本で培った各種の農業技術が役立つ場面が多いので、大規模モノカルチャーの米国や気候のタイプが大きく異なる欧州の農業先進国より有利な位置にある。これまで産地が有していた属人的な技能を、対価を得られる知財化技術の形に変換することを促進できれば、栽培技術を海外にライセンス供与することも現実的になる。工業製品の分野では、海外に生産工場を持つのが普通になっているように、今後、日本の農業の将来は、高品質で美味しい農作物の輸出と、普遍的な農業×ICT技術の海外ライセンスングの2つで発展していくことを期待する。

(深謝)

本稿の基本となった営農指導支援システムを先導する研究開発でご支援いただいた(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)に感謝いたします。また、共に遂行いただいた東京農工大学、農研機構・近畿中国四国農業研究センター、NECシステムテクノロジー(現NECソリューションイノベータ)をはじめとする皆様へ謹んで深謝いたします。同様に、技術学習支援システムを先導する研究開発でご支援いただいた「農山漁村6次産業化対策事業」のAIシステム実証事業を実施された農林水産省に感謝いたします。また、同実証事業を受託し共に遂行していただいた慶應義塾大学SFC研究所の皆様へ謹んで深謝いたします。

(参考文献)

(北野 1996) Kitano, H and Shimazu, H.: 1996. The Experience Sharing Architecture: A case study in corporate-wide case-based software quality control. in: Leake, D.B. (Eds.): Case-Based Reasoning Experiences, Lessons, & Future Directions, pp. 235 - 268. Menlo Park, CA: AAAI

Press.

(Google2012) Using large-scale brain simulations for machine learning and AI, Google official blog, <https://googleblog.blogspot.jp/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html>

(慶應大学 2016) 農業 ICT 知的財産活用ガイドライン, 慶應義塾大学 Web サイト, <http://agri-ip.sfc.keio.ac.jp/>.

(Kolodner1993) Kolodner, J.: 1993. Case-Based Reasoning. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

(島津 1994) Shimazu, H., Shibata, A., and Nihei, K.: 1994. Case-based retrieval interface adapted to customer-initiated dialogues in help desk operations. Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94), pp. 513 - 518. Menlo Park, CA: AAAI Press.

(島津 2015) 島津秀雄, 久寿居大, 神谷俊之, 沼野なぎさ, “産地の営農指導支援システムの研究開発”, 人工知能学会誌, Vol.30, No.2, pp. 167-173, 2015.

(Schank1982) Schank, R. C., 1982. Dynamic memory: A theory of learning in computers and people, Cambridge Univ. Press.

(神成 2013a) 神成淳司, “農業分野における IT 活用: 高付加価値化につながる取組み”, 電子情報通信学会誌, Vol.96, No.4, pp. 280-285, 2013.

(神成 2013b) 神成淳司, 福田亮子: “介護分野における定量的評価の有効性”, 人工知能学会誌, Vol.28, No.6, pp.912-917, 2013.

(神成 2015) 神成淳司, 久寿居大, 工藤正博, 小野雄太郎, 沼野なぎさ, 神谷俊之, 島津秀雄: “AI (Agri-Informatics) に基づく学習支援システムの研究開発”, 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 2, pp.174-181, 2015.

(須崎 2011) 須崎徳高, 市ノ木山浩道, 奥田均, ウンシュウミカンのマルチ栽培圃場における果実硬度を利用した新規水ストレス診断器具の開発, 農業情報研究 20(3), Page 102-109, 2011.

(Nguyen1993) Nguyen, T., Czerwinski, M., and Lee, D., 1993. COMPAQ QuickSource: Providing the consumer with the power of artificial intelligence, Proceedings of the Fifth Annual Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence (IAAI-93), pp.142 - 150. Menlo Park, CA: AAAI Press.

(高山 2012) 高山弘太郎, 生育状態の見える化, 農業情報学会 2012 年度シンポジウム・オーガナイズ度セッション・個別口頭発表講演要旨集, 2012.

(内閣官房 2016) 農業 IT を安心して使うために! ~農業 IT サービス標準利用規約ガイド概要版~, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/shiryo/shiryo22.pdf.

(農水省 2011) 「品目別生産コスト縮減戦略」~生産現場の取組のヒント~, 農林水産省 Web サイト http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_cost/.

(農水省 2015) 農林水産省 知的財産戦略, 農林水産省 Web サイト http://www.maff.go.jp/j/kanbo/tizai/brand/b_senryaku/pdf/tizai_senryaku_2020.pdf.

(野中 1990) 野中郁次郎: 知識創造の経営. 日本経済新聞社, 1990.
 (野中 1996) 野中郁次郎, 竹内弘高, 梅本勝博: 知識創造企業, 東洋経済新報社, 1996.
 (山口 2002) 山口智治, 島津秀雄他, 手指作業による作業行動適合化技術の研究開発 平成 13 年度成果報告, 人間行動適合型生活環境創出システム技術プロジェクト成果報告書 NEDO / HQL, 2002.
 (Fukushima82) Fukushima, K. and Miyake, S: 1982.

Neocognitron: A new algorithm for pattern recognition tolerant of deformations and shifts in position. Pattern Recognition.
 (Le2012) Le, Q.V., et al. : 2012. Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning, Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning, Edinburgh, Scotland, UK.
 以上

(原稿受領 2016. 10. 17)

パテント誌原稿募集

広報センター 副センター長
 会誌編集部担当 須山 英明, 本田 淳

- 応募資格** 知的財産の実務, 研究に携わっている方 (日本弁理士会会員に限りません)
 ※論文は未発表のものに限ります。
- 掲載** 原則, 先着順とさせていただきます。また, 編集の都合上, 原則「1 テーマにつき 1 原稿」とし, 分割掲載や連続掲載はお断りしていますので, ご了承ください。
- テーマ** 知的財産に関するもの
- 字数** 5,000 字以上厳守～ 20,000 字以内 (引用部分, 図表を含む) パソコン入力のこと
 ※ 400 字程度の要約文章と目次の作成をお願いいたします。
- 応募予告** メール又は FAX にて応募予告をしてください。
 ①論文の題名 (仮題で可)
 ②発表者の氏名・所属及び住所・資格・連絡先 (TEL・FAX・E-mail) を明記のこと
- 論文送付先** 日本弁理士会 第 3 事業部 広報・支援室「パテント」担当
 TEL:03-3519-2361 FAX:03-3519-2706
 E-mail:patent-bosyuu@jpaa.or.jp
 〒 100-0013 東京都千代田区霞が関 3-4-2
- 掲載基準** <http://www.jpaa.or.jp/?p=9390>
- 選考方法** 会誌編集部にて審査いたします。
 審査の結果, 不掲載とさせていただくこともありますので, 予めご承知ください。