

トマトハウス農家へのICTツールの導入

菊池 豊^{†1} 岡村 健志^{†1} 小松 一之^{†2}
伊野部 雄策^{†2} 片岡 幸人^{†3}
西内 一馬^{†3}

我々は生産性の向上を目指す農家にICTツールを導入する試みを行っている。対象はハウス水耕栽培で年間を通してトマトを出荷している、高知県内では比較的大規模な農家である。従来は深夜労働、水涸れの早期対応等の課題があり規模拡大が限界に近づいていた。本稿では、導入したICTツールの効果について報告し、導入の成否を左右する要因について考察する。

A Study of the deployment of ICT tools to a farm culturing tomato in hothouse

KIKUCHI YUTAKA,^{†1} OKAMURA KENJI,^{†1}
KOMATSU KAZUYUKI,^{†2} INOBE YUSAKU,^{†2}
KATAOKA YUKIHITO^{†3} and NISHIUCHI KAZUMA^{†3}

We have engaged in deployment ICT tools to farm that aims to improve yieldability. The current target is a relatively large farm in Kochi prefecture producing tomatoes with hydroponic culture in hothouse. It was difficult to expand the scale of the farm because of heavy work conditions, support against lack of water, and so on. In this study, we discuss not only the evaluation of the introduced tools but also factors of success about how to introduce ICT tools.

^{†1} 高知工科大学
Kochi University of Technology
^{†2} 株式会社 Model Village
Model Village Co., LTD
^{†3} 株式会社シティネット
Citynet Inc.

1. はじめに

我々は2009年から、ICT利活用による農業課題の解決に取り組んで来た。具体的なフィールドとして高知市春野町の「トマトの村」を選定し、ICTをツールとして生産活動の効率化の実証実験を行っている。今回の報告では、農業に置けるICTツール導入と、その継続利用で見えて来た効果について述べる。

1.1 ICTによる四国の産業課題の解決プロジェクト

2009年度に総務省の委託事業により、地域産業の抱える課題をICTにより解決することを試みるプロジェクトを実施した。四国地域では以下の課題を対象とした。

(1) 通信業の課題

ISP間のトラフィック交換は、トランジットの購入およびプライベートピアリングやIXによるパブリックピアリングを用いて、主に東京において交換される。このため四国のインターネットユーザが四国内のコンテンツにアクセスする場合、一般に遅延が大きく、輻輳によるジッタの影響を受けやすい。さらに、東京までの回線負担は地域ISPが行っている。これは地域内コンテンツの地産地消を目指すような場合や、P2Pアーキテクチャを用いた地域内コンテンツ交換での障害となっている。

(2) 農業の課題

近年の原油高騰や外国産農産物の台頭により価格競争が激化する中、規模拡大によるスケールメリットの創出や農産品のブランド化による付加価値増大が急務となっている。また、後継者不足や農業者の高齢化が問題となっており、担い手育成に向けた若年層の農業教育の実施等が必要となっており、さらにI・Uターンによる農業の担い手育成が大きな課題となっている。このため、耕作放棄地や休耕地・休耕田の活用、栽培ノウハウの伝承、機械化による省力化、さらには管理の効率化による「休める農業」を実現することで就農の活性化を図る必要がある。

(3) 放送業の課題

インターネット広告の台頭や若者のテレビ離れ、不況による企業広告の減少等の煽りを受け、番組制作費の削減が起きているほか、多様化した視聴者ニーズへの対応が課題となっている。そのような中、予算削減による撮影クルーの不足や不採算番組の放送中止などにより、地域独自の番組が減少傾向にあり、地域ならではの低予算でできるコンテンツ作成が急務となっている。

(4) 観光業の課題

四国地方においては、香川県のうどん、愛媛県の道後温泉、徳島県の阿波踊り、高知県のよさこい祭りなど、各県様々な観光コンテンツが充実している。工業をはじめ産業基盤が弱い四国地域において、観光業による経済の活性化は重要な位置づけを占めており、今後、各県の観光コンテンツの更なる充実が求められる。そのような中、観光業においても高齢化や地域間競争の激化が進んでおり、観光コンテンツの付加価値を高めるための情報発信への対応が求められる。

1.1.1 農業への ICT ツールの導入による課題解決

農業へ ICT ツールを導入することで、農業がかかえる課題解決が出来るかについて、以下の3つの観点での実証実験を行うこととした。なお、これらの結果については一部を報告済みである¹⁾²⁾。

● 農作業の効率化・生産性の向上

農地やハウスに IP カメラや各種のセンサを設置することで、リアルタイムの栽培状況や栽培データを携帯電話や PC により遠隔地で管理・監視することを実現し、それによる農家の労働時間の削減や農作業の効率化を検証する。

● 販売促進活動や初等中等教育への利活用

IP カメラの映像を消費者や学校に双方向で提供する実証実験を実施し、販売促進や農業教育にライブ映像を活用することで、消費者や学生の農産物に対する購買意欲や認知度・学習度が向上するか検討を実施し、ブランド化への有用性について判断する。

● 耕作放棄の予防

都市部など遠距離にいる農地の所有者に耕作放棄地や休耕地・休耕田、空き家の映像を IP カメラにより提供することで、現地の営農者と協力して農地を管理する手法について試行し、都市部など遠隔地にいる農地所有者による新たな営農方法について検証するほか、それによる I・U ターン者の就農機会の創出可能性について検証する。

本稿では以上のうち、農作業の効率化・生産性の向上について述べる。ハウスに IP カメラおよびセンサを設置して遠隔地で管理するシステムについては、映像やセンサデータの確認は自宅等の PC をはじめ、携帯電話でも確認可能にすることで、即時性に優れた場所や時間に囚われず誰でも簡単に栽培管理ができることを目指した。

2. 詳細の検討

IP カメラ及び各種センサを用いた遠隔地による生産管理を実施するにあたり、現状の課題を整理し、その解決の為に最も適した設置場所を決定する必要がある。以下、第 2.1 節で

本実験対象農家の状況について、第 2.2 節で圃場別の特徴と課題について、第 2.3 節で生産管理作業上での課題を整理し、第 2.4 節でそれらの課題を解決するために検討した IP カメラおよびセンサの設置箇所について述べる。

2.1 対象農家の状況

対象農家は高知県内において比較的大規模な施設園芸経営をしており、消費者や外食産業への安定的な供給のために、ほぼ通年でトマトを栽培している。また、早くから室戸海洋深層水にがりの養液混入や、麦飯石を利用した大永農法を活用することで「ミネラルトマト」ブランドを確立している。経営戦略の特徴として、居抜きによる設備の整った安価なハウスを購入・賃貸し、規模を拡大してきた経緯がある(表 1)。

表 1 対象農家の基本情報 (2009 年度初頭)

栽培作物	トマト (桃太郎種)
栽培方法	ロックウールを用いた水耕栽培
圃場場所	高知県高知市春野町 西畑、森山、弘岡地区
圃場数	3 地区、9 箇所、15 ハウスを運営
作付面積	合計 3.7ha
年間出荷量	約 500t
従業員数	18 名 (パート含む)
年間売上	約 1.5 億円
業歴	トマト栽培 12 年目

2.2 圃場別の課題

各ハウスの課題は多岐に渡るものの、その対策として目視による確認で被害や故障を未然に防ぐことができるものが多いことが特徴として挙げられる。これまで各圃場の特徴や課題を調査した中でも、日々の管理上のミスや管理不行き届きに起因する人為的な問題・課題が多く見られることから、各圃場の課題を解決する要素の一つとして目視と同等の管理を効率的に実施することが必要と考えた。

2.3 生産管理作業上での課題

生産管理上の作業項目は大きく「環境管理」と「成育管理」の2項目に分類される。これらの項目は、基本的に圃場によって異なるものではなく、共通の作業項目となっている。

2.3.1 環境管理

ハウス内の環境管理は、水循環機器の管理と温度制御機器の管理の2つに分類される。水循環機器の管理とは、原水ポンプ、灌水ポンプ、EC 制御ポンプと、その制御を行うコントロールパネルからなり、養液栽培を行う上で最も重要となる灌水等の水系の管理を行う

機器である。これに関連する具体的な作業項目としては、ハウス内の灌水状況と原水ポンプ・灌水ポンプ等の灌水関連コントロールパネルの設定と機械の動作確認、また液肥の生成状況と EC 制御ポンプ等の関連制御機器の設定・動作確認等がある。作業自体は比較的簡単な項目が多いものの、チェックする機械が多いため見落としする事がまれにある。

温度制御機器にはボイラ（重油、廃油、温床）やエアコン、天窓、カーテン、雨量センサなどがあり、ハウス内の温度を管理するための機器である。これに関連する具体的な作業項目は、ハウス内の温度状況と天窓、ボイラ、カーテン等の各温度制御機器の設定、及び動作確認等がある。水循環機器に係わる作業と同様、簡単な項目が多いものの特に冬場はチェック項目が多岐にわたる。

2.4 IP カメラおよびセンサの設置箇所

各種センサをハウスに導入する。これによって異常を未然に検出する他、収量との相関関係を調べて経営改善にフィードバックする。この他 IP カメラを以下の目的で導入した。

- 巻き取り型の天窓の絡まり
- 廃油ボイラの不具合
- 排水ポンプの動作確認
- 水涸れ

ボイラは冬期に霜の害を防ぐために利用する。特に廃油を用いたボイラは不完全燃焼や着火失敗が起りやすい。この確認は冬期の最も冷え込む未明の時間帯になるため、重労働となる。よって、温度センサを設置することで温度情報を収集し、異常が出た場合は IP カメラにより動作状況を視覚的に確認できる様に考えた。

水涸れについては、ロックウールを利用した水耕栽培であることよりパイプ詰まり等で発生する。夏期の特に成長が進んだ状態では、トマトからの水分の蒸散が盛んで数時間で商品価値が大きく減じられる。よって、土壌湿度（土湿）センサを設置することでロックウールの湿度情報を監視し、異常が出た場合は IP カメラにより視覚的に確認できる様にした。

システム全体は、各ハウスからの画像情報とセンサ情報を IEEE802.11 の無線 LAN でまず 3ヶ所に集め、そこからはフレッツ ADSL 上への ISP サービスでサーバに集められる（図 1）。高知 IX が提供するサービスを利用し、圃場、農家、サーバの間は地域内で終端し、外部 ISP や携帯電話からの参照のときのインターネット経由でアクセスされる。ハウス内では、まず 2つのセンサが 1つの Zigbee ノードにつながり、そこから Zigbee で LAN ステーションにデータを送る。つぎに IP カメラの映像は LAN ステーションに送られる。両者はどちらも上で述べた無線 LAN により拠点へと送られる（図 2）。センサの種類と、そ

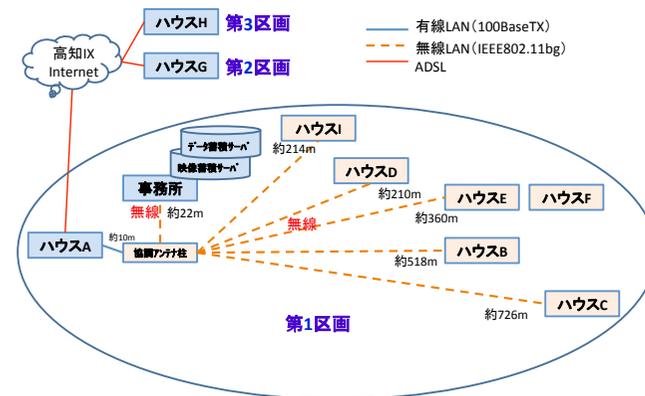


図 1 ネットワーク（全体概要）

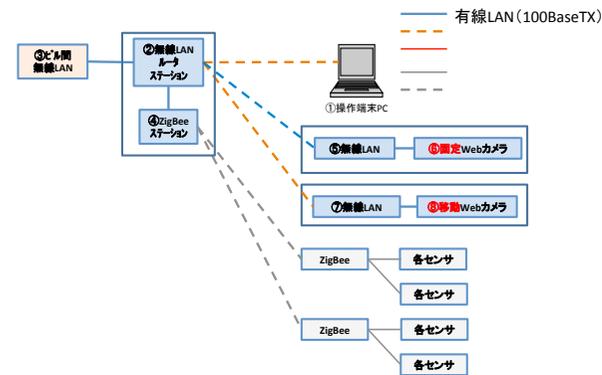


図 2 ネットワーク（ハウス内）

の通信に用いた機材を表 2 に、全体の予算を表 3 に示す。

2.4.1 委託業務終了後の実験内容

以上を委託業務期間である 2009 年度に準備し実証実験を行った。委託業務期間終了後は、業務を担当した事業者が設備を継続的に運用し、継続して実証実験を行っている。これはセンサデータを長期に渡って取得する他、委託期間中に構成したシステムの不便な箇所の改良等がある。

表 2 遠隔監視実験設備

機材名	設置数
固定型 IP カメラ	12
半固定型 IP カメラ	12
無線 LAN	20
ZigBee ステーション	6
温度・湿度センサ	12
日照センサ	6
土湿センサ	24
端末 PC	7

表 3 実証実験関係予算

項目	費用(税別)
設備費(ハードウェア)	16,534,525
設備費(ソフトウェア)	3,020,500
システム構築費	17,643,600
販促/授業実験費	5,500,000
通信費	240,000
合計	42,938,625

3. 実験結果

実証実験は現在も継続している。ここでは設備導入年度である 2009 年度末の結果と、本年度 2011 年度末の結果について述べる。

3.1 2009 年度末での実験結果

IP カメラによる各ハウスの管理について、カメラ設置後に管理担当者に移動距離及び作業時間の記録を取ってもらった。IP カメラの操作方法や各ハウスでの設置状況について、専門業者による説明や支援スタッフによる運用サポート(操作方法に関する随時の問い合わせ)や映像閲覧用 PC の設定及び操作指導なども含む)を行った上で、カメラの映像を確認しながら通常の管理業務を実施してもらった。しかしながら、その時点では移動距離及び作業時間の記録を見る限りでは、大きな作業の効率化には至っていないと評価した。

ハウス管理者へのヒアリングによると、カメラはメインの管理ツールというより各種センサの異常値感知時の確認補助として活用することを望んでいる。また、収穫時期以外の比較的低リスクの少ない時期での日常的な管理に活用することを希望している。また、ユーザーインターフェイスについては、センサと連動していることはもちろん、一画面で一元的に全ハウスを管理するニーズが高かった。

温湿、土湿、日照の各センサについて、現地調査により適正と考えた場所に設置して試験運用した結果、実際に土湿センサ異常値を検出して対象ハウスの確認に行ったところ、灌水用のパイプが詰まっており対策が実施できた実例があった。実験期間中にその有用性が農家にとっても実感する機会が得られた。

但し、各センサにおいて「異常値」の閾値は現時点ではまだまだデータ不足であり、メールや携帯電話を使用した通報システムも試験運用はできたものの、実際にハウスに行くと異常が確認できない場合も多く見られることから、データ取得を進め少なくとも 1 年以上のデータを元にした閾値の算出を行い、異常値感知の精度を上げていく必要がある。また、各センサで取得するデータについては異常値感知によるリスク管理のほか、収穫量や病害等の育成状況のデータとリンクさせることで、より効果的・効率的なハウスの環境管理に活用することが可能であると考えた。農家側もデータマイニングによる今までにない視点での温度・湿度設定を行うことで、他産地との差別化や自身が作るトマトの品質及び収穫の向上を実現でき、ブランド化につなげていくことを望んでいた。

3.2 2011 年度末での実験結果

2009 年度の実証実験の結果により、いくつかのシステムの改良を行った。ユーザーインターフェースの改善の他、監視用のプレハブにディスプレイを集め、全ての情報を一元管理できる様にした。また、センサデータの収集を続ける他、作業員の方にはノートに業務日誌をつけてもらうようにした。このため客観的なデータに基づく分析が可能となって来ている。

以下は、2010 年 12 月～2011 年 11 月の 1 年間についてのデータを分析したものである。なお知的財産の保護のため各データの単位は伏せてある。

3.2.1 収量と作付面積および作業時間との関係

表 4 は、年間の総収量と作付け面積、および年間の総収量と延べ作業時間との関係を示したグラフである。これによるとハウス A が年間での収穫量ではダントツであるので、一見

表 4 収量と作付面積、延べ作業時間との関係

ハウス	A	B
年間総収量	93,795	53,985
面積	4.3	2.6
収量/作付面積	21,825	20,413
収量/作業時間	290	398

ハウス A の効率が良いように感じる。しかしながら作付けの面積単位当たりの収量で見ると

と、ハウス B もハウス A 同様で、両者が同等の効率であることが分かる。さらに、ハウス A は延べ作業時間当たりでは 3 つのハウスで最低である。

これより、ハウス A の作業効率の低さが疑われた。実際に状況をヒアリングすると、ハウス A は広すぎるため、複数の作業員が重複して同じ作業を行ってしまったり、ハウスの対角線側での作業に移るための動線が長いことが分かった。対策として、ハウス A はエリアを 2 つに分割し、独立の班で作業をするという提案がなされた。

3.2.2 収量と日照量との関係

図 3 と図 4 はハウス A とハウス B の収量と日照時間との関係を示している。ハウス A に比較してハウス B の方が日照時間が収量に与える影響が大きいことが見て取れる。言い換えると、ハウス A が日光の照射量に対して飽和に近い状態である。これより、ハウス

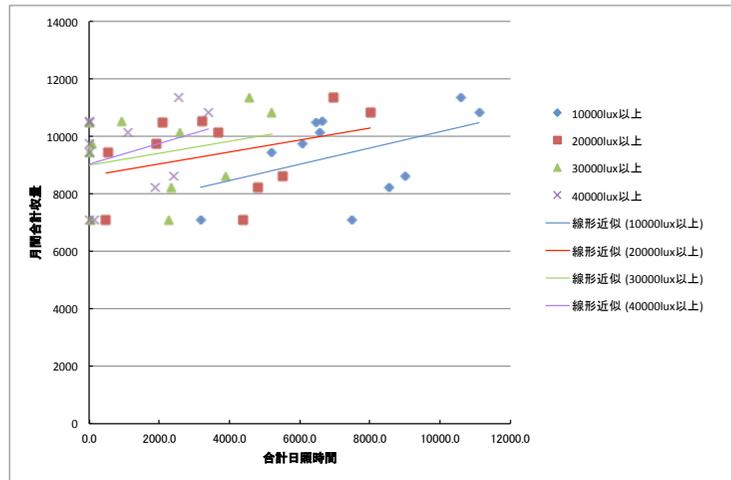


図 3 収量と日照時間との関係 (ハウス A)

B のビニルの汚れが疑われ、設備修繕の優先順位を検討する様に提案がなされた。

3.2.3 収量と気温・湿度との関係

図 5 は月単位の収量と気温・湿度との相関関係をとったものである。ここで「気温の最大値」とは、1 日ごとの気温の平均値を算出し、それを月単位での最大値を採ったものである。以下、最小値や湿度に対しても同様である。これによると気温や湿度の双方に対して

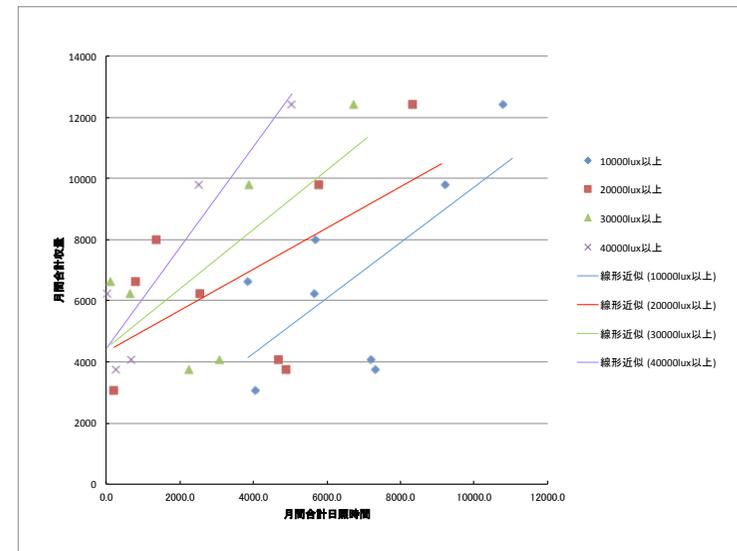


図 4 収量と日照時間との関係 (ハウス B)

表 5 収量と気温・湿度との関係

相関係数	月間収量
気温の最大値	-0.17
気温の最小値	-0.46
湿度の最大値	-0.01
湿度の最小値	-0.42

負の相関が認められる。植物は俗に「いじめると育つ」と言い、多少ストレスのある環境の方が収量や糖度が高くなると言われている。このデータはそれを示している可能性がある。しかしながら、顕著にこれが現れているハウスがまだ少なく、今後継続して観測データを増やすなり、日単位で最大/最小を算出して検討したり、日照時間との相関も検討したり等の更なる考察が必要である。

4. 考 察

今回、委託事業期間内 (2009 年度内) で得た結果と、その後の期間で計測データを収集

して得た結果との2種類の結果を示した。

2009年度内には、土湿センサによる水涸れや、IPカメラによるボイラの着火失敗の確認等の失敗による収量減を防ぐ効果があることが判明した。水涸れや霜による被害は大きく、これらを防ぐだけでも農家の粗利率は上昇する。

一方で、トマト栽培は低段密植の場合は定植から栽培終了まで2ヶ月程度であり、2009年度はシステムが完備してから1サイクルの栽培しかできなかった。このためデータが少なすぎて、環境データと収量との関係を見ることができなかった。今回、改良したシステムが安定して1年ほどのデータが収集できたことで、ようやくいくつかの観測値間の関係を見ることが出来る様になって来た。

これにより、農業経営の改善を客観的かつ具体的に支援できるようになった。例えば、ビニルの張り替えの時期等の修繕計画や、複数の修繕箇所がある場合の優先順位の決定等に直接使うことが出来る。これは資金繰りにも関係し、さらにハウスを拡張する際の投資計画にも影響する。これらはこれまでカンで行っていた要因が大きく、ミスやロスが少ない農業経営に役立つと考える。

以下では、ここまで述べたようなICTツールの導入と、それによる効果を出すために我々が考えるポイントを述べる。

4.1 ICT導入の規模

今回は元々3ha程度の栽培面積を持っている高知県内でも比較的大規模な農家を対象とした。数から言うと少数派である。ICTを導入できる農家の規模はこの程度以上ではないかと考える。

この規模未満の農家では家族で作業を全部行うことが多い。多忙期でも親戚や近くの農家との協力関係を用いる。この場合、人件費が見えにくく、また全員がプロフェッショナルであることより、ノウハウが平均的に安定しており、かつ多少の深夜作業や休日作業もこなすため、あえて費用のかかるICTシステムを導入する動機に欠ける。

一方、ある程度以上の規模になると農業従事者を雇わなくてはならない上、ノウハウや作業効率がちまちまちである。さらに給与所得者として扱うには深夜早朝作業を避け休日も週末に与えなくてはならない。そうなるとう高度な作業や夜間休日作業は経営層が行うことになり、栽培面積の増大に対して作業量をスケールアップに増大することが困難になる。このような状況は特に法人化を目指すような場合に顕著であり、ICTシステムを導入する費用がペイする可能性がある。

4.2 暗黙知の形式知化と可視化

前節で述べた様に高度なノウハウを運用し、さらにそれを磨くのは経営に携わる一部の者になってしまう。このため暗黙知の正のフィードバックによる集中が起こってしまい、より一層「余人を持って代えがたい」状態になり、さらに一部の担当者に負荷がかかる状況になる。これは健全な経営をすることを困難にする。

また、暗黙知を伝承するのは師弟関係として伝授することになり、会社経営のシステムティックな構造に組み込みにくい。このため暗黙知を形式知にしていく必要がある。これにはICTツールが活躍する。さらに、就農者はデータ解析のリテラシーを持っているわけではない。よって形式知についても分かりやすい提示が必要となる。これもICTツールによる可視化が役立つ。

農業の効率化は、農業者本人だけでなく、農業指導者やコンサルティング会社も行う。この際、指導やコンサルテーションの対象は必ずしもICTの導入に理解があるとは限らない。効率化を勧める上では、収量や収入がどうして増やせるのかを客観的なデータに基づいて説明できないとならない。今回の実証実験でICTツールの導入によってこれらが可能であることを示した。

4.3 まとめと課題

トマトの水耕栽培農家にICTツールを導入して経営改善に利活用できることを示した。今後は継続的なデータの取得と、分析内容を確立することで総当たり的な分析から、的を絞った効率の良い分析に進化させることが重要である。また、システムをパッケージ化してビジネス化し、他の農家への導入の促進を図ることが必要である。

謝辞 本研究開発を実施するにあたり、野村巧・妙子ご夫妻をはじめとするハウス関係者のみなさまに大変お世話になりました。深く感謝すると同時に、2010年に亡くなられた野村巧様の御冥福を御祈り致します。日頃から御議論頂いている4udonプロジェクトのメンバーのみなさまに感謝します。本研究開発の一部は総務省「H20年度ICT地域経済活性化事業(ユビキタス特区事業)(地域情報発信力向上プロジェクト)」による受託事業「ライブ映像を活用したICTによる四国の産業課題の解決手法」として実施しています。

参考文献

- 1) 菊池 豊：地域内通信用の安価で高品質なL2リンクを作る, *JSSST WIT2011* (2011).
- 2) 菊池 豊：農業でITを使ってみた (2011). オープンソースカンファレンス 2011 in 高松.