

令和元年6月3日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00127

研究課題名(和文) 中山間地など条件不利地の情報通信基盤となる森林エリアネットワークの構築

研究課題名(英文) Forest-Area Networking as communication infrastructure suitable for the areas with poor geographical conditions such as hilly and mountainous areas

研究代表者

塚田 晃司 (Tsukada, Koji)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：80372671

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、中山間地域の集落内、および、集落周辺の森林地域を対象とした地域情報通信インフラを「森林内ネットワーク(Forest Area Networking)」と定義し、森林内に自立した通信インフラ、電力インフラを構築するための運用課題を明らかにした。
和歌山県内の中山間地域の集落を実験フィールドとし、通信インフラ、電力インフラの運用実験をするのとあわせて、当該地域の地域住民に対する聞き取り調査により地域課題を明らかにし、森林内ネットワークの地域課題への適用可能性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林地域を直接対象とした情報通信インフラに関する研究はこれまでになく、本研究課題の成果により、林業、狩猟業等の第一次産業活性化、高齢・過疎化による限界集落の見守り・防災など安全安心社会の実現など、中山間地域における地域課題の解決への貢献が期待できる。今後も和歌山県の実験フィールド以への適用可能性について検証する。

研究成果の概要(英文)：In this study, we defined "Forest-Area Networking" as communication infrastructure suitable for the areas with poor geographical conditions such as hilly and mountainous areas. And we clarified difficulties which we are facing when building and operating communication infrastructure and electric power infrastructure in the area. Moreover, we conducted an interview and questionnaire survey to residents in the area to clarify the regional problems. And we verified whether the Forest-Area Networking could be used for a solution of the problems.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：森林エリアネットワーク 中山間地域 センサーネットワーク

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本国土の70%弱を占める中山間地域と呼ばれる傾斜地や山林周辺には多数集落が存在している。その多くは、第一次産業の衰退、高齢・過疎化、自然災害の脅威等多くの地域固有の課題を抱えている。このような社会的課題の解決にICTを活用する事例が多い。一方で、和歌山県内の災害時孤立可能性集落において、山間部集落では、通信・電力共に想像以上に脆弱でインフラ維持に不利な地域であることが明らかとなった。しかし、これまでこのような地域を直接対象とした情報通信インフラ構築の取組みはなく、地域課題解決の基盤として当該地域で利用可能な地域情報通信インフラが重要である。

(2) 研究代表者、分担者のグループでは、2012年に和歌山県内の集落に、無線通信装置と太陽光発電装置とを設置し、2013年から小規模ながら実フィールドにおいて、映像やセンサによる遠隔モニタリングの運用実験、および、基地局不要で自律的にネットワーク構築可能な無線アドホックネットワーク (Mobile Ad-hoc Networking)、間歇的に切断するネットワークでの通信を想定した遅延途絶耐性ネットワーク (Delay/Disruption Tolerant Networking) の有効性評価実験を実施している。そして、電力インフラ、通信インフラ構築の困難さ等、実用化に向けて多くの課題が明らかになった。

2. 研究の目的

(1) 研究グループでは、中山間地域の集落内、および、集落周辺の森林地域を対象とした地域情報通信インフラを「森林内ネットワーク (Forest Area Networking)」と定義し、森林内に自立した通信インフラ、電力インフラを構築するための運用課題を明らかにする。

(2) 中山間地域の多くは、その地勢からインフラ整備が不十分、あるいは、困難な条件不利地が多い。森林地域の実状は厳しく、地形、植生による通信の障害物が多数あり、電源確保も困難な立地であり、恒常的なインフラ運用には解決すべき課題が多い。地形・植生に起因する短い日照時間による太陽光発電量への影響、地形・植生に起因する安定・高速通信確保への影響等、実用化に向けての課題を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 安定した通信環境確保のためには障害物となる森林を対象として、森林内、森林内外での通信特性を明らかにする必要がある。実運用を通して、森林地域における地形・植生等が通信性能に与える影響を明らかにし、森林内ネットワークに適した通信方式を検討する。

(2) 森林地域では、そもそも商用電源は利用不可であるので、安定的に電力供給できる太陽光発電や小水力発電のインフラが必要である。しかし、森林地域など山間傾斜地での小規模な太陽光発電の発電特性は明らかになっていない。森林地域で長期運用し、森林内ネットワークを安定的に稼働させる電力確保の技術的課題を検討する。

(3) 上記2項目について、和歌山県内の集落（古座川町平井）とその周辺の森林を実験フィールドとして取り組む。実験フィールドの地域住民に対する聞き取り調査により、地域情報通信インフラについての意識調査、地域課題を明らかにし、森林内ネットワークの地域課題への適用可能性を検証する。

4. 研究成果

(1) 通信インフラ構築に関する成果

森林内に設置した各種センサ群からのセンシングデータ（気温、湿度など）を効率的に収集するためのデータ収集方式について、①データ収集の効率化、②収集データ量の情報量削減、③消費電力を考慮したデータ収集、④データ収集時の障害検知の各々の観点で手法の提案と評価をおこなった。

①データ収集の効率化

林内作業で作業者が森林内に入林する機会を活用し、作業員、あるいは、作業車両に取り付けたデータ収集装置によって、センシングデータを収集することで、作業の効率化を実現する。従来はセンシングデータを収集するシンクノードを特定の場所に固定し、そこでデータ収集する手法が多かった。しかし、林内作業の場所は期間に応じて変化するため、作業場所の近くにシンクノードが存在することが望ましい。そこで、作業員、作業車両の居る場所を定期的に発信することで、今後作業場所となる可能性の高い場所を推定し、そこにシンクノードを設定する手法を提案した。実験フィールドを模したシミュレーションにより評価し（図1

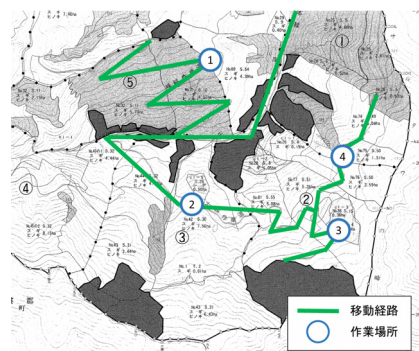


図1 実験フィールドを模したマップ

参照), 収集率の向上と収集時間の短縮の効果が確認できた。(cf. 論文雑誌①②, 学会発表⑥⑧⑨)

②収集データ量の情報量削減

センサ間でのデータ送受信に伴う消費電力を抑えるために、低速度の通信方式を用いる必要がある。しかし、森林内に多数のセンサを設置した場合、そのデータ総量は大きくなり、低速度の通信方式では送受信しきれなくなってしまう。そこで、センシングデータを時系列データとして扱い、その時系列変化の特徴を残しつつ、全体のデータ量を削減する手法を提案した(図2参照)。そして、シミュレーションにより評価し、20~50%の削減が期待できることが確認できた。(cf. 学会発表⑤⑦)

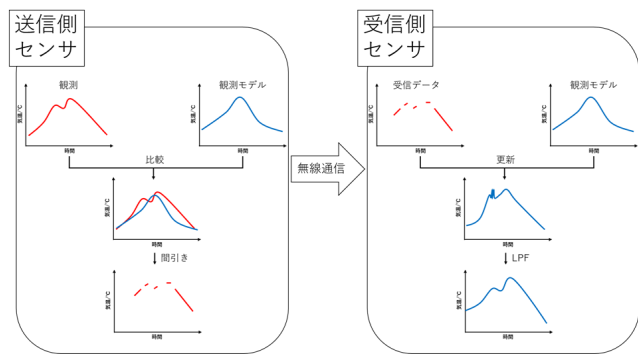


図2 時系列特徴を残したデータ量削減

③消費電力を考慮したデータ収集

森林内には電力インフラが整っていないので、太陽光発電などによりバッテリーを充電し、その電力で稼働させる必要がある。センシングデータを送受信するにも電力を消費するため、シンクノードまでどのような経路を設定して送受信するかで、総電力使用量に差が生じる。そこで、太陽光発電による発電量やバッテリー残量の値を指標として用い、センシングデータの収集量を減らさずに、ネットワーク全体の稼働時間を長くする通信経路の選択手法を提案した。シミュレーション評価の結果、収集量、稼働時間ともに向上できることを確認した。ただし、センサノードが密に設置されている場合は効果が大きいですが、疎な場合は悪化するケースもあるため、実験フィールドでの検証も含めて引き続きこのテーマに取り組んでいく。(cf. 学会発表②)

④データ収集時の障害検知

森林内にセンサノードを設置し長期間運用した場合、風雨による故障や、ノード間の植生の成長に起因する通信障害などによりセンサネットワーク全体の動作に障害が発生することが予想される。その際、作業者が現地に赴いて障害対応をする必要があるが、森林内に多数設置されている場合には障害原因個所を特定する作業に時間を費やされてしまいます。そこで、障害発生時に速やかに原因個所を検知して障害対応作業を支援するとともに、障害が発生してもセンシングデータの収集量の減少を抑制する通信手法を提案し、シミュレーション評価をおこなった。結果としては、障害検知は有効に動作したが、それによる通信量増加をまねくこととなり、消費電力量の増加や、センシングデータの収集自体に影響を与えている。今後、これらの課題解決に引き続き取り組んでいく。(cf. 学会発表①④)

(2) 電力インフラ構築・運用に関する成果

研究期間中継続して、太陽光発電における、日射量、バッテリー充電量(電圧)の計測を実施している。現在の実験フィールドでは森林内の比較的樹木の密度が少ない場所に太陽光発電パネルを設置しているが、夏季は南中高度が高いが、樹木の葉が茂る時期と重なり発電量が落ちている。一方、冬季は高度が低いので周囲の山に遮られ、さらに冬季の短い日照時間により発電時間が短くなっている。また、設置当初に比べて、樹木が成長し、枝を頭上に伸ばしたことによる発電量低下も見られる。森林内での太陽光発電の実用性については引き続き計測を続けていく。

また、前述の通信条件、ならびに、発電条件をよくする目的から、周囲にできるだけ障害物の少ない山頂部付近に各種機材を設置しているが、夏季に落雷による被害を受けた。直撃雷だけでなく誘導雷への対策も必要であり、既知の雷対策の知見を活かして対処していく。

(3) 地域課題への適用可能性に関する成果

対象地は紀伊半島南部の古座川流域の上流部の支流、平井川流域にある。最奥部に北海道大学和歌山研究林、さらに大塔山系に至る、和歌山県でも有数の山村エリアである。平井地区の高齢化率は約80%、県内でもトップクラスの超高齢山村である。約100戸の世帯のうち半数が一人暮らしであるという、災害時のみならず日常生活においても生活上のリスクが非常に高い地域である。

① 実験フィールドの集落の実態

【生活実態】

平井地区および平井地区が所属した旧村（七川村）エリアのキーマンを中心に個別訪問と集団聞き取りを行った（2016年、2018年、合計57名）。聞き取りの一部は、当エリアに入っている地域おこし協力隊とともに実施した（図3参照）。七川エリアの人口は合計で446人（2015年）、高齢化率が71.5%、人口の約2割が85才以上でその多くは独り暮らしである。



図3 地域課題聞き取り調査

聞き取り調査の結果としては、身体的理由から買い物など交通手段の不便、寺、神社、公園など公共空間の整備と維持の困難、担い手の不足による生業維持の問題、耕作放棄、獣害の多発などさまざまな課題が聞き取れた。地域社会維持の問題については、全国的な課題でもあるが、住民生活支援のための新規定住者の増加策や役場からの支援体制については、実状に即して有効に働いていないことがわかり、超高齢地域の基本的な生活維持には日常的な生活の安全とリスク回避のための手段としくみが必要であることがわかった。

【発電遺構調査】

対象エリアでは、かつて住民主体による集落発電事業が行われていた。条件不利地である当該地域について、集落の自律的なエネルギー自給を目標としてかつての発電遺構の再生、活用のための現地調査を行った（図4参照）。調査地は、集落用水路を活用した発電遺構である平井地区、滝を活用した発電遺構である近隣の山村大桑地区で、FS調査として地形、河川、および地域の社会的な現状調査を中心に行った。

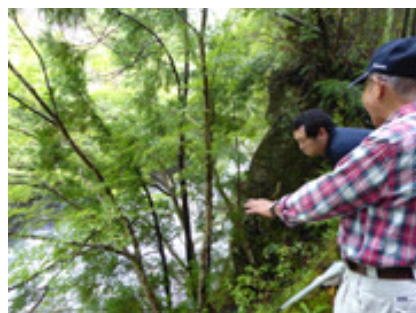


図4 発電遺構現地調査

その結果、その後の台風等の災害により滝や水路が崩壊、埋没しているため復元には相当の準備が必要であること、発電事業の運営に関する組織、高齢化する住民合意の問題などが明らかになった。特に後者については、本研究終了後も、住民参加によるワークショップ等を実施することにより自律的なエネルギー自給に関する住民意識の醸成を図ることを計画している。

② 小水力発電、ソーラーシェアリングの地域受容調査

【小水力発電】

那智勝浦町の小水力発電装置を核とした住民意識調査については、実際に発電装置が稼働することによる住民の意識調査を観察調査した。装置は、本研究期間中の台風による破損のため、修理に着手したが、その完成途中の2018年度にも相次ぐ台風被害により本格的な再修理の必要が生じ、実機の稼働が困難な状況が続いている（図5参照）。



図5 小水力発電装置の修理

しかし、本研究の成果として、当該実機の設置と稼働が、自律的なエネルギー自給への周辺への理解促進と住民主体による具体的な行動について影響力をもったということである。実際に、本研究エリアを含む紀伊半島南部地域では、住民主体によるエネルギー導入とこれによる地域づくりへの動きが始まるようになった。

【ソーラーシェアリング】

本研究メンバーにより2012年度に設置した実験機が和歌山県初のソーラーシェアリング設備であった（図6参照）。その後、和歌山県内では、FiT政策の影響もあり、みかん、梅農家により実際の農業現場での導入例が出てきた。現地で農家への聞き取りもおこなった。その結果、農業生産には、作業効率、生産高には影響がほぼなく、品目によっては好影響のあるものもあるとの聞き取り結果であった。資金についても、融資環境もよく事業着手に弊害がなさそうであるが、農業そのものを維持していくかどうかの前提が依然、根強く地域にはあることが課題であった。



図6 みかん園ソーラーシェアリング

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

- ① 岸田 隆祐, 鈴木 智文, 指吸 未来, 塚田 晃司, DTN 環境の任意地点でのデータ回収を目的としたシンクノード機能割当方式の転送回数削減手法の提案, 情報処理学会研究報告, 2018-GN-103(19), pp.1-5, 2018年1月, 査読無
- ② 岸田 隆祐, 塚田 晃司, DTN 環境において任意地点でデータ回収を可能にするシンクノード機能割当方式, グループウェアとネットワークサービス研究会ワークショップ2016 論文集, Vol.2016, pp.1-7, 2016年11月, 査読無
- ③ 湯崎 真梨子, 田舎に住む楽しさと豊かさを生み出す原動力に—地域と大学の協働実験, 水車発電小屋「くるくるくまの」一, 住宅, Vol.65, pp.25-35, 2016, 査読無
- ④ Mariko Yuzaki, Spread of Photovoltaic Power Generation into Farmland under the FiT System, Journal of Environmental Information Science, Vol.43, No.5, pp.107-114, 2015, 査読有

〔学会発表〕(計9件)

- ① 中村 玲, 西川 龍之介, 塚田 晃司, 動的なリンク確認処理によりリンク故障箇所を特定可能な故障検知プロトコルの提案, 情報処理学会第81回全国大会, 2019年3月
- ② 西川 龍之介, 中村 玲, 塚田 晃司, 日射量の少ない山間部のネットワークでの電池残量を用いた経路制御法の提案, 情報処理学会第81回全国大会, 2019年3月
- ③ Aoi Kamei, Kazuhiro Kawanaka, Yusuke Inoue, Takatsugu Yoshihara, Mariko Yuzaki, Atsushi Nakashima and Mamoru Yamada, Effects of pretreatments to release dormancy on seed germination of Miscanthus sinensis Andersson, ICLEE 2018, Taichu, Taiwan, 2018
- ④ 鈴木 智文, 指吸 未来, 岸田 隆祐, 塚田 晃司, 停止故障発生時および通信不通時の原因箇所推定可能なセンサネットワークの提案, 情報処理学会第80回全国大会, 2018年3月
- ⑤ 指吸 未来, 鈴木 智文, 岸田 隆祐, 塚田 晃司, センサデータの時系列変化特徴による間引きを用いた送信量削減手法の提案, 情報処理学会第80回全国大会, 2018年3月
- ⑥ 下平 佳伸, 岸田 隆祐, 塚田 晃司, 森林内における複数通信方式を用いたセンサデータ回収効率化手法の提案, 情報処理学会第79回全国大会, 2017年3月
- ⑦ 笠谷 昇平, 岸田 隆祐, 和田 祐輔, 塚田 晃司, センサデータの時系列変化特徴に基づくデータ回収の効率化手法の提案, 情報処理学会第78回全国大会, 2016年3月
- ⑧ 岸田 隆祐, 和田 祐輔, 笠谷 昇平, 塚田 晃司, DTN 環境におけるデータ回収の効率化を目的としたシンクノードの役割の分担方法の提案, 情報処理学会第78回全国大会, 2016年3月
- ⑨ 和田 祐輔, 岸田 隆祐, 笠谷 昇平, 塚田 晃司, 複数の通信方式を利用する森林内無線センサネットワークのための制御方式の提案, 情報処理学会第78回全国大会, 2016年3月

〔図書〕(計3件)

- ① 中島 敦司, 湯崎 真梨子, 紀北の廃校, 南方新社, 2018年, 240ページ
- ② 湯崎 真梨子, 続続・地産地消大学—オルタナティブ地域学の試み—, 南方新社, 2017年, 150ページ
- ③ 中島 敦司, 湯崎 真梨子, 熊野の廃校, 南方新社, 2015年, 253ページ

〔その他〕

ホームページ

- ① 和歌山大学システム工学部ネットワークサービス研究室,
<http://www.wakayama-u.ac.jp/~ktsukada/nslab/>

新聞発表記事

- ① 「ソーラーシェアリング」, 和歌山新報, 2019年1月18日
 - ② 「49.5」, 和歌山新報, 2018年7月18日
 - ③ 「アトムの50年」, 和歌山新報, 2018年7月3日
 - ④ 「浸食するソーラー」, 和歌山新報, 2018年4月10日
- など関連記事15本.

実験フィールドでの講演会

- ① 湯崎 真梨子, 中島 敦司, 揚妻 直樹, 塚田 晃司, 平井の山でやっていること, 古座川町平井区森林内ネットワーク研究発表会, 2017年1月

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名： 中島 敦司
ローマ字氏名： (Nakashima, Atsushi)
所属研究機関名： 和歌山大学
部局名： システム工学部
職名： 教授
研究者番号 (8 桁)： 90283960

研究分担者氏名： 湯崎 真梨子
ローマ字氏名： (Yuzaki, Mariko)
所属研究機関名： 和歌山大学
部局名： 食農総合研究所
職名： 客員教授
研究者番号 (8 桁)： 50516854

研究分担者氏名： 揚妻 直樹
ローマ字氏名： (Agetsuma, Naoki)
所属研究機関名： 北海道大学
部局名： 北方生物圏フィールド科学センター
職名： 准教授
研究者番号 (8 桁)： 60285690

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。